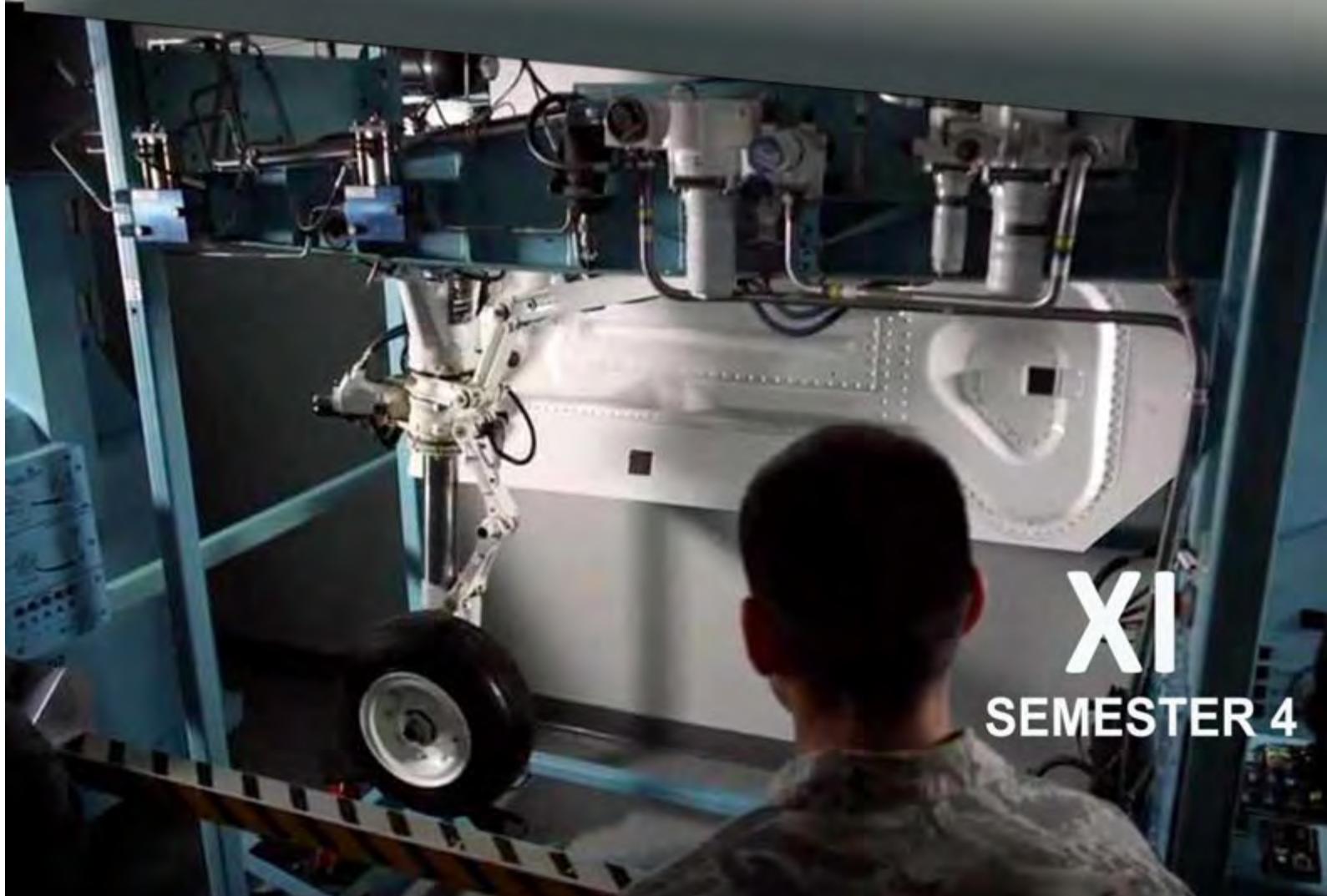
KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
REPUBLIK INDONESIA
2013
American
AIRCRAFT ELECTRONICAL CIRCUITS
AND CONTROL
XI
SEMESTER 4

KATA PENGANTAR

Kurikulum 2013 adalah kurikulum berbasis kompetensi. Didalamnya dirumuskan secara terpadu kompetensi sikap, pengetahuan dan keterampilan yang harus dikuasai peserta didik serta rumusan proses pembelajaran dan penilaian yang diperlukan oleh peserta didik untuk mencapai kompetensi yang diinginkan.

Faktor pendukung terhadap keberhasilan Implementasi Kurikulum 2013 adalah ketersediaan Buku Siswa dan Buku Guru, sebagai bahan ajar dan sumber belajar yang ditulis dengan mengacu pada Kurikulum 2013. BukuSiswa ini dirancang dengan menggunakan proses pembelajaran yang sesuai untuk mencapai kompetensi yang telah dirumuskan dan diukur dengan proses penilaian yang sesuai.

Sejalan dengan itu, kompetensi keterampilan yang diharapkan dari seorang lulusan SMK adalah kemampuan pikir dan tindak yang efektif dan kreatif dalam ranah abstrak dan konkret.Kompetensi itu dirancang untuk dicapai melalui proses pembelajaran berbasis penemuan (*discovery learning*) melalui kegiatan-kegiatan berbentuk tugas (*project based learning*), dan penyelesaian masalah (*problem solving based learning*) yang mencakup proses mengamati, menanya, mengumpulkan informasi, mengasosiasi, dan mengomunikasikan. Khusus untuk SMK ditambah dengan kemampuan mencipta .

Sebagaimana lazimnya buku teks pembelajaran yang mengacu pada kurikulum berbasis kompetensi, buku ini memuat rencana pembelajaran berbasis aktivitas.Buku ini memuat urutan pembelajaran yang dinyatakan dalam kegiatan-kegiatan yang harus **dilakukan** peserta didik.Buku ini mengarahkan hal-hal yang harus **dilakukan** peserta didik bersama guru dan teman sekelasnya untuk mencapai kompetensi tertentu; bukan buku yang materinya hanya dibaca, diisi, atau dihafal.

Buku ini merupakan penjabaran hal-hal yang harus dilakukan peserta didik untuk mencapai kompetensi yang diharapkan. Sesuai dengan pendekatan kurikulum 2013, peserta didik diajak berani untuk mencari sumber belajar lain yang tersedia dan terbentang luas di sekitarnya. Buku ini merupakan edisi ke-1.Oleh sebab itu buku ini perlu terus menerus dilakukan perbaikan dan penyempurnaan.

Kritik, saran, dan masukan untuk perbaikan dan penyempurnaan pada edisi berikutnya sangat kami harapkan; sekaligus, akan terus memperkaya kualitas penyajian buku ajar ini. Atas kontribusi itu, kami ucapkan terima kasih.Tak lupa kami mengucapkan terima kasih kepada kontributor naskah, editor isi, dan editor bahasa atas kerjasamanya.Mudah-mudahan, kita dapat memberikan yang terbaik bagi kemajuan dunia pendidikan menengah kejuruan dalam rangka mempersiapkan generasi seratus tahun Indonesia Merdeka (2045).

Jakarta, Januari 2014

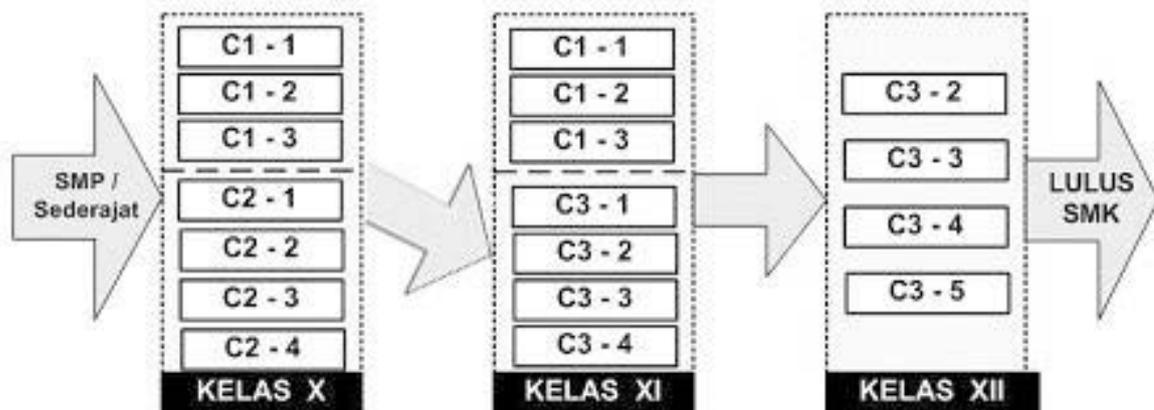
Direktur Pembinaan SMK

Drs. M. Mustaghfirin Amin, MBA

DAFTAR ISI

Halaman

PETA KEDUDUKAN MODUL

Diagram di bawah ini menunjukkan urutan atau tahapan pencapaian kompetensi yang dilatihkan pada peserta diklat dalam kurun waktu tiga tahun. Bahan ajar *Aircraft Electronic Circuits and Controller* merupakan salah satu dari 10 modul untuk membentuk kompetensimamahami, mengaplikasi, manganalisis, dan mengembangkan komponen-komponen aktif elektronika, baik dalam rangkaian analog maupun digital (blok C3 – 2).

Keterangan :

C1 – 1 : Fisika

C1 – 2 : kimia

C1 – 3 : GambarTeknik

C2 – 1 : Simulasi Digital

C2 – 2 : *Basic Aircraft Technology and Knowledge*

C2 – 3 : *Basic Skills*

C2 – 4 : *Aerodynamics and Flight Control*

C3 – 1 : *Aircraft electronic Drawing*

C3 – 2 : *Aircraft Electronic Circuits and Controller*

C3 – 3 : *Aircraft Instrument*

C3 – 4 : *Aircraf Electrical System*

C3 – 5 : *Aircraft Electronic Communication& Navigation*

GLOSARIUM

Electron	:bagian dari atom yang bermuatan listrik negatif.
Hole	: lubang : tempat kedudukan elektron pada atom, yang identik dengan muatan listrik positif.
Frekuensi	: Jumlah gelombang tiap detik (hertz).
Periode	: waktu yang digunakan untuk menempuh satu gelombang.
Bias	: pra tegangan : tegangan yang diperlukan supaya suatu komponan aktif dapat bekerja.
Komponen aktif	: komponen yang dalam bekerjanya membutuhkan pra tegangan.
Dioda	: mempunyai dua elektroda, anoda dan katoda.
Forward bias	; bias maju :cara pemberian pra tegangan, dimana anoda lebih positif dari katoda.
Reverse bias	: bias mundur : cara pemberian pra tegangan, dimana anoda lebih negatif dari katoda.
Depletion layer	: lapisan deplesi : lapisan yang tejadi di antara lapisan P dan lapisan N, yang kosong dari elektron bebas dan lubang *(hole).*
Impedansi	: hambatan yang berhubungan dengan sinyal bolak-balik.
Base	: basis : elektroda transistor yang berfungsi untuk mengatur kuat arus.
Emiter	: emitor : elektroda transistor yang berfungsi untuk mengemisikan elektron
Collector	: kolektor : elektroda transistor yang berfungsi untuk mengumpulkan (menarik) elektron.
Common Emiter	: emitor bersama : cara pemasangan (konfigurasi) transistor, dimana kaki emitor berada di titik masukan dan keluaran (titik bersama).

Common Collector	: kolektor bersama : cara pemasangan (konfigurasi) transistor, dimana kaki kolektorberada di titik masukan dan keluaran (titik bersama).
Common Base	: basis bersama : cara pemasangan (konfigurasi) transistor, dimana kaki basis berada di titik masukan dan keluaran (titik bersama).
Emiter Follower	: sebutan lain untuk *Common Collector*.
Fidelity	: fidelitas : tingkat kesamaan bentuk gelombang keluar terhadap gelombamg masuk
Inverting Amplifier	: masukan yang akan membalikkan fasa (pada penguat operasional), sehingga fasa keluaran berlawanan denganfasa masukan.
Non Inverting Amplifier	: masukan yang tidak membalikkan fasa (pada penguat operasional), sehingga fasa keluarannya sama dengan fasa masukan.
Low pass filter	: jenis filter yang meloloskan sinyal frekuensi rendah dan menahan sinyal frekuensi tinggi.
High pass filter	: jenis filter yang meloloskan sinyal frekuensi tinggi dan menahan sinyal frekuensi rendah.
Band pass filter	: jenis filter yang meloloskan sinyal pada pita (rentang) frekuensi tertentu dan menahan sinyal pada frekensi atas dan bawahnya.
IC	: *Integrated Circuit*, rangkaian yang dibuat secara terpadu dalam satu keping *(chip).*
T T L	: *Transistor Transistor Logic*, rangkaian logika yang dibuat dengan transistor-transistor, dalam keping IC.

I. PENDAHULUAN

A. Deskripsi

Buku ini berjudul *"Aircraft Electronic Circuits And Control"* merupakan salah satu buku dari keseluruhan sembilan judul bukupada paket keahlian Elektronika Pesawat Udara.Delapanbuku lainnya adalah :Simulasi digital, *Basic Aircraft Technology and Knowledge,Basic Skills,Aerodynamics and Flight Control, Aircraft Electronic Drawing*, *Aircraft Instrument*, *Aircraf Electrical System*,dan *Aircraft Electronic Communication Navigation*.

Kesembilan judul bukuini diturunkan melalui analisis kebutuhan pembelajaran dari paket keahlian Elektronika Pesawat Udara, bidang keahlian penerbangan.

Pengembangan isi buku ini diarahkan sedemikian rupa, sehingga materi pembelajaran yang terkandung didalamnya disusun berdasarkan materi Kompetensi Dasar (KD) pada silabus Paket Keahlian Elektronika Pesawat Udara, kurikulum 2013, untuk mencapai kompetensi,sesuai yang dituntut pada kurikulum.

Pengetahuan : Memahami dasar-dasar penerapan komponen-komponen elektronika, untuk membentuk sistem-sistem rangkaian, beserta variabel-variabel, ataupun parameter-parameter penting yang terdapat di setiap rangkaian.

Keterampilan:Membuat rangkaian-rangkaian elektronik, melakukan pengukuran-pengukuran pada rangkaian, serta menguji coba rangkaian, sesuai dengan karakteristik masing-masing rangkaian.

Sikap : Penentuan dan pemilihan jenis-jenis komponen dan peralatan, untuk digunakan sesuai dengan aturan yang berlaku.

B. Prasyarat

1. Pendidikan Formal

   Telah menyelesaian secara tuntas KBM di kelas X SMK teknologi penerbangan.

2. Kompetensi

   Telah memiliki kompetensi tentang dasar kelistrikan, menyangkut kaidah-kaidah dan komponen-komponen dasar kelistrikan,dasar-dasar fisika dan matematika, telah mengetahui dan memahami catu daya (*power supply*), memahami gambar rangkaian elektronika, mengenal dan menguasai penggunaan berbagai alat ukur seperti multimeter, dan mengoperasikan *osciloscope* sesuai materi yang ada pada pelajaran *Basic Skill* di kelas X, serta telah menempuh materi pembelajaran *Aircraft*

*ElectronicCircuits And Control*bagian satu (semester 3), dan sudah dinyatakan memenuhi kriteria kelulusan .

C. Petunjuk Penggunaan

1. Petunjuk bagi siswa

   Langkah-langkah belajar yang ditempuh :

   a. Baca petunjuk kegiatan belajar pada setiap modul kegiatan belajar
   b. Baca tujuan dari setiap modul kegiatan belajar
   c. Pelajari setiap materi yang diuraikan/dijelaskan pada setiap modul kegiatan
   d. Pelajari rangkuman yang terdapat pada setiap akhir modul kegiatan belajar
   e. Baca dan kerjakan setiap tugas yang harus dikerjakan pada setiap modul kegiatan belajar
   f. Tanyakan kepada pengajar (guru) yang bertanggung jawab terhadap paket pembelajaran, ini apabila menemukan kesulitan atau ada materi yang belum dimengerti
   g. Kerjakan dan jawablah dengan singkat dan jelas setiap ada ujian akhir modul kegiatan belajar (test formatif)

2. Peran guru

   a. Menjelaskan petunjuk-petunjuk kepada siswa yang masih belum mengerti
   b. Mengawasi dan memandu siswa apabila ada yang masih kurang jelas
   c. Menjelaskan materi-materi pembelajaran yang ditanyakan oleh siswa yang masih kurang dimengerti
   d. Membuat pertanyaan dan memberikan penilaian kepada setiap siswa

D. Tujuan Akhir

Setelah mengikuti/ menyelesaikan kegian-kegiatan belajar dari modul ini , peserta didik diharapkan memiliki spesifikasi kinerja sebagai berikut :

1. Memahami penggunaan komponen-komponen elektronika, dalam aplikasi rangkaian.
2. Mampu membaca gambar rangkaian-rangkaian elektronika standart, yang banyak dijumpai pada kehidupan sehari-hari.
3. Mampu menjelaskan cara kerja rangkaian-rangkaian elektronika.
4. Mampu membuat rangkaian elektronika.
5. Mampu melakukan uji coba rangkaian (peralatan) elektronika.

6. Mampu melakukan *trouble shooting* pada kerusakan rangkaian.
7. Mampu melakukan perbaikan pada kerusakan rangkaian (peralatan) elektronik.
8. Mampu melakukan pengukuran parameter-parameter rangkaian, sesuai demgam karakteristik rangkaian.

E. Kompetensi Inti dan Kompetensi Dasar

1. Kompetensi Inti

   a. Menghayati dan mengamalkan ajaran agama yang dianutnya
   b. Menghayati dan mengamalkan perilaku jujur, disiplin, tanggungjawab, peduli (gotong royong, kerjasama, toleran, damai), santun, responsif dan pro-aktif dan menunjukkan sikap sebagai bagian dari solusi atas berbagai permasalahan dalam berinteraksi secara efektif dengan lingkungan sosial dan alam serta dalam menempatkan diri sebagai cerminan bangsa dalam pergaulan dunia.
   c. Memahami, menerapkan, dan menganalisis pengetahuan faktual, konseptual, prosedural, dan *metakognitif* berdasarkan rasa ingin tahunya tentang ilmu pengetahuan, teknologi, seni, budaya, dan humaniora dalam wawasan kemanusiaan, kebangsaan, kenegaraan, dan peradaban terkait penyebab fenomena dan kejadian dalam bidangkerja yang spesifik untuk memecahkan masalah.
   d. Mengolah, menyaji, dan menalar dalam ranah konkret dan ranah abstrak terkait dengan pengembangan dari yang dipelajarinya di sekolah secara mandiri, bertindak secara efektif dan kreatif, dan mampumelaksanakantugasspesifik di bawahpengawasanlangsung.

2. Kompetensi Dasar

   a. Menganalisis prinsip kerja komponen aktif berdasarkan karakteristik kelistrikannya.
   b. Menganalisis cara kerja dan parameter kelistrikan rangkaian aktif berdasarkan hukum-hukum kelistrikan dan karakteristik komponen aktif yang digunakan dalam rangkaian.
   c. Menganalisis cara kerja dan parameter kelistrikan rangkaian Operational Amplifier (Op-Amp) berdasarkan sifat kelistrikan Op-Amp dan hukum-hukum kelistrikan.
   d. Menyajikan prinsip kerja komponen-komponen aktif berdasarkan proses pengamatan dalam eksperimen.
   e. Menyajikan cara kerja dan parameter kelistrikan rangkaian aktif berdasarkan proses pengamatan dalam eksperimen rangkaian aktif.

f. Menyajikan cara kerja dan parameter kelistrikan rangkaian Op-Amp berdasarkan proses pengamatan dalam eksperimen.

F. Cek Kemampuan Awal

Sebelum mempelajari buku ini, isilah cek list ( ) kemampuan yang telah Anda miliki dengan sikap jujur dan dapat dipertanggungjawabkan :

Kompetensi Dasar	Pernyataan	Jawaban	
		Tidak	*Ya*
Menganalisis prinsip kerja komponen aktif berdasarkan karakteristik kelistrikannya.	1. Saya dapat menjelaskan prinsip kerja dioda.		
	2. Saya dapat memberikan contoh pemakaian dioda pada rangkaian dan menjelaskan prinsip kerja rangkaian tersebut.		
	3. Saya dapat menjelaskan prinsip kerja transistor bipolar.		
	4. Saya dapat memberikan contoh pemakaian transistor pada rangkaian dan menjelaskan prinsip kerja rangkaian tersebut.		
	5. Saya dapat memberikan contoh pemakaian op-amp pada rangkaian dan menjelaskan prinsip kerja rangkaian tersebut.		
	6. Saya dapat memberikan contoh pemakaian thyristor pada rangkaian dan menjelaskan prinsip kerja rangkaian tersebut.		

	7. Saya dapat memberikan contoh pemakaian JFET pada rangkaian dan menjelaskan prinsip kerja rangkaian tersebut.		
	8. Saya dapat memberikan contoh rangkaian-rangkaian digital dan menjelaskan prinsip kerja rangkaian tersebut.		

Apabila anda menjawab **Tidak** pada salah satu pernyataan di atas, maka pelajarilah buku ini.

II. PEMBELAJARAN

A. Deskripsi

Mata pelajaran *Aircraft Electronic Circuits And Control,* terbagi dalam 2 semester, yaitu semester 3 dan 4. Materi pembelajarannya diambil dari kompetensi-kompetensi dasar, yang didasari urutan secara logis.

Karena diajarkan dalam 2 semester, buku *Aircraft Electronic Circuits And Control i*ni dibagi dalam 2 bagian (jilid). Buku yang Anda hadapi sekarang merupakan bagian kedua, untuk semester 4. Buku bagian kedua ini berisi tentang rangkaian-rangkaian elektronika yang didasari teknik digital.

Secara garis besar, materi pembelajaran buku ini mengambil tentang komponen-komponen aktif, berkenaan tentang karakteristik, cara penanganannya, serta penerapannya dalam rangkaian, khususnya rangkaian-rangkaian digital

B. Kegiatan Belajar

1. Rangkaian Digital

a. Tujuan Pembelajaran

1) Peserta didik memahami konversi sistem bilangan.
2) Peserta didik mampu mengidentifikasi gerbang logika.
3) Peserta didik mampu menyederhanakan rangkaian logika
4) Peserta didik mampu menerapkan rangkaian sekuensial.
5) Peserta didik mampu menerapkan karakteristik kelistrikan IC logika.
6) Peserta didik mampu membuat rangkaian digital.
7) Peserta didik mampu menganalisis rangkaian digital.

b. Uraian Materi

1) Sistem Bilangan

Sistem bilangan adalah cara menuliskan/mengoperasikan bilangan, termasuk bagaimana cara menambah, mengurangi, membagi, mengali, dan sebagainya.

Semua sistem bilangan dibatasi oleh apa yang dinamakan Radik atauBasis, yaitu notasi yang menunjukkan banyaknya angka atau digit suatubilangan tersebut. Misalnya sistem bilangan desimal adalah bilangan yangmempunyai radik = 10.

(a) Bilangan Desimal

Ada beberapa sistem bilangan yang kita kenal, antara lain yang sudah kitakenal dan digunakan setiap hari adalah sistem bilangan desimal. Urutanpenulisan

sistem bilangan ini adalah 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, dan 9.Sehingga bilangan desimal disebut dengan bilangan yang mempunyaibobot radik 10.Nilai suatu sistem bilangan desimal memiliki karakteristikdimana besarnya nilai bilangan tersebut ditentukan oleh posisi atautempat bilangan tersebut berada. Sebagai contoh bilangan desimal 369,bilangan ini memiliki bobot nilai yang berbeda untuk tiap angka. Angka 9 memiliki bobot nilaisatuan (10^0), angka 6 memiliki bobot nilai puluhan(10^1), dan angka 3 memilikibobot nilai ratusan (10^2).

Nama suatu sistem bilangan didasarkan jumlah angka yang ada pada sistem itu.Sistem bilangan yang kita pakai sehari-hari disebut bilangan desimal (dasan), karena mempunyai sepuluh angka yaitu angka 0 sampai 9.

(b) Bilangan Biner

Biner, atau sistem bilangan basis dua, adalah sistem bilanganyang menggunakan dua angka yaitu 0 dan 1.Sistem bilangan biner modern ditemukan oleh Gottfried Wilhelm Leibniz pada abad ke-17.Sistem bilangan ini merupakan dasar dari semua sistem bilangan berbasis digital. Sistem ini juga dapat disebut dengan istilah *bit*, atau *Binary Digit*. Pengelompokan biner dalam komputer selalu berjumlah 8, dengan istilah 1 Byte. Dalam istilah komputer, 1 Byte = 8 bit. Kode-kode rancang bangun komputer, seperti ASCII, *American Standard Code for Information Interchange* menggunakan sistem peng-*kode*-an 1 Byte.

Angaka 0 dan 1 sering diidentikkan dengan dua kondisi yang berlawanan, misal *on-off, high-low,* ya-tidak, dan sebagainya. Sistem dua kondisi ini pada dasarnya identik dengan sebuah sakelar, yang mempunyai dua kemungkinan kondisi, yaitu buka dan tutup.

(1) Mencacah Bilangan

Kita tinjau dulu sistem desimal yang memakai 10 angka (0 sampai 9).

Dalam pekerjaan mencacah kita memakai angka-angka tersebut, tetapi kalau banyaknya melebihi angka 9, maka akan menggunakan kombinasi angka – angka yang ada.

Contoh 1 : 8 + 1 = 9,

9 + 1 = 10

18 + 1 = 19,

19 + 1 = 20 dan seterusnya.

Contoh 2 : Dalam biner :

0 + 1 = 1;

1 + 1 = 10 ;

10 + 1 = 11;

11 + 1 = 100 dan seterusnya.

(Pelajari, bagaimana bisa begitu !)

(2) Mengubah Desimal ke Biner dengan metoda "Double Dabble" (ganda plus sisa)

Contoh : Ubahlah bilangan desimal 15 ke biner.

Ditulis : $5_{(10)} = \ldots_{(2)}$

Cara mengerjakannya :

5 : 2 = 2 sisa 1

2 : 2 = 1 sisa 0

1 : 2 = 0 sisa 1

Jadi $5_{(10)} = 1\ 0\ 1_{(2)}$

Contoh lain : $87_{(10)} = \ldots_{(2)}$

87 : 2 = 43 , sisa 1

43 : 2 = 21 , sisa 1

21 : 2 = 10 , sisa 1

10 : 2 = 5 , sisa 0

5 : 2 = 2 , sisa 1

2 : 2 = 1 , sisa 0

1 : 2 = 0 , sisa 1

Jadi $87_{(10)} = 1\ 0\ 1\ 0\ 1\ 1\ 1_{(2)}$

Angka yang paling kanan disebut LSB =*least significant bit* (bit paling ringan).

Angka yang paling kiri disebut MSB = *most significant bit* (bit paling berbobot).

- Latihan

  Ubahlah bilangan desimal 1 s/d 15 menjadi bilangan biner kemudian susunlah ke dalam bentuk tabel agar mudah dihafal. Cara yang lebih cepat :

  $9_{(10)} = \ldots_{(2)}$ $9 = 8+1 = 8 + 0 + 0 + 1$

  Jadi = $1 \quad 0 \quad 0 \quad 1_{(2)}$

  $17_{(10)} = \ldots_{(2)}$ $17 = 16+1 = 16 + 0 + 0 + 0 + 1$

  Jadi = $1 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 1_{(2)}$

(3) Mengubah Biner ke Desimal

Contoh : $1001_{(2)} = \ldots_{(10)}$

Jawab : $1001_{(2)} = 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0$

$= 8 + 0 + 0 + 1$

$= 9$

Jadi $1001_{(2)} = 9_{(10)}$

Ada cara lain yang disebut Metoda Lurusan *(stream lined method)* Untuk Biner ke Desimal (BD), dengan langkah-langkah sebagai berikut :

- Tulis bilangan biner yang bersangkutan.
- Tepat di bawah bilangan biner tersebut, tuliskan bobot bilangannya 1, 2, 4, 8, 16, 32 … dari kanan ke kiri.
- Jika terdapat nol pada posisi angka coretlah bobot desimal bagi posisi tersebut.
- Tambahkan bobot-bobot yang tidak di coret tersebut.
- Maka akan didapat bilangan desimalnya.

Contoh : Ubahlah bilangan $10101_{(2)}$ke desimal.

Langkah 1 : 1 0 1 0 1

Langkah 2 : 16 8 4 2 1

Langkah 3 : 16. 4 . 1

Langkah 4 : 16 + 4 + 1

Langkah 5 : 21

Jadi $10101_{(2)} = 21_{(10)}$

Dengan cara yang sama kita dapat menguraikan setiap bilangan biner ke dalam bagian-bagian yang lebih sederhana.

Contoh lain :

111 = 100 + 10 + 1

7 = 4 + 2 + 1

110 = 100 + 10

6 = 4 + 2

(4) Mengubah Bilangan Pecahan Biner ke Pecahan Desimal.

Bobot Angka : . 2^{-1},2^{-2} ,2^{-3} ,2^{-4} … dan seterusnya.

↓

titik biner Atau :

½, ¼, 1/8, 1/16, … dan seterusnya .

Contoh :

0,101 $_{(2)}$ = …$_{10}$

0, 1 0 1 =

0, ½ . . 1/8 = 0,5 + 0,125 = 0,625 $_{(10)}$

0,1101$_{(2)}$ =……$_{10}$

0,1101 =………

0,1/2 ¼ . 1/16 = 0,5 + 0,25 + 0,0625

= 0,8125$_{10}$

Bilangan Campuran :

110,001 $_{(2)}$ = … $_{(10)}$

1 1 0 , 0 0 1 $_2$ =… $_{(10)}$

4 2 1 , ½ ¼ 1/8 = 6,125 $_{(10)}$

(5) Mengubah Bilangan Pecahan Desimal Ke Pecahan Biner

Contoh :

0,625 = … $_{(2)}$

0,625 x 2 = <1,25> = 0,25 carry 1

0,25 x 2 = <0,5> = 0,5 carry 0

0,5 x 2 = <1,0>= 0 carry 1

↓

Jadi 0,625 = 0,101 $_{(2)}$

$0{,}85 = \ldots_{(2)}$

0,85 x 2 = <1,7> = 0,7 carry 1

0,7 x 2 = <1,4> = 0,4 carry 1

0,4 x 2 = <0,8> = 0,8 carry 0

0,8 x 2 = <1,6> = 0,6carry 1

Jadi $0{,}85_{(10)} = 0{,}1101_{(2)}$

Catatan : Kita hentikan proses setelah 6 angka biner untuk mendapatkan pendekatan. Jika dibutuhkan ketelitian, lanjutkan sampai sebanyak mungkin.

(6) Penambahan Biner

10	101
+10	+100
100	1001

(7) Pengurangan Biner

Ada empat hal yang harus diperhatikan :

(1) 0-0 = 0

(2) 1-0 = 1

(3) 1-1 = 0

(4) 10-1 =1

Contoh : 111

- 101

010

Contoh di atas ialah yang dilakukan Komputer digital untuk pengurangan. Terdapat metoda lain yang membutuhkan rangkaian dalam jumlah lebih kecil. Sebelum membahas cara pengurangan lain, perlu didefinisikan apa itu komplemen-1 dan komplemen-2.

Komplemen-1, bagi suatu bilangan biner ialah bilangan yang terjadi bila kita mengubah masing-masing menjadi satu dan masing-masing satu menjadi nol.Contoh :komplemen-1 bagi angka 100 ialah 011. Komplemen-1 bagi angka 111 ialah 000.dan seterusnya.

(8) Pengurangan Komplemen-1

Metode ini sebagai pengganti pengurangan suatu bilangan.

Contoh : untuk mengurangkan 101 dari 111 kita lakukan sebagai berikut

```
     111          111
-101          +010     komplemen -1 bagi 101.
 10           1001

     001
      +1
     010
```

Prosedur pengerjaan

- Kita bentuk komplemen-1 bagi 101, diperoleh 010
- Kita tambahkan 010 kepada 111, diperoleh 1001.
- Bawaan terakhir ialah 1 (bobot yang paling besar/tinggi). Bila terdapat bawaan 1 pada posisi terakhir maka ambilah seperti terlihat di atas.

  Bawaan ini disebut bawaan putaran ujung *(end-around carry).*

(9) Perkalian bilangan Biner

Ada 4 hal yang penting :

- 0 x 0 = 0
- 0 x 1 = 0
- 1 x 0 = 0
- 1 x 1 = 1

Perkalian dan pembagian pada dasarnya samamengikuti pola yang sama dengan bilangan desimal.

Contoh :

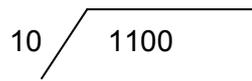
```
(1)     111                (2)10110
       x101                   x 110
         111                    00000
        000                    10110
       111 +                  10110 +
       10011                  10000100
```

Perkalian untuk bilangan yang ada koma

```
   101,1
    11,01  x
      1011
    0000
1011
1011 +
  10001,111
```

(10) Pembagian bilangan biner

110

10 / 1100

Contoh :10

10

10

0

c) Bilangan Oktal

Bilangan oktal adalah sistem bilangan yang mempunyai 8 angka, yaitu :

0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7

Bila dituliskan bilangan berturut-turut dalam oktal adalah :

0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 10, 11, 12, 13 ,14, 15, 16, 17, 20, 21, ... dan seterusnya. (Pelajari mengapa bisa begitu !)

(1) Mengubah bilangan Oktal ke Desimal

Bobot :

8^3 - 8^2 - 8^1 - 8^0 . 8^{-1}- 8^{-2} - 8^{-3} …

Titik octal

Contoh : 23_8 = $....._{10}$

Penyelesaian :$23_8 = 2 \times 8^1 + 3 \times 8^0 = 16 + 3 = 19_{10}$

Contoh lain : $257_8 = ..._{10}$

Penyelesaian : 257_8 $= 2 \times 8^2 + 5 \times 8^1 + 7 \times 8^0$

$= 128 + 40 + 7$

$= 175_{10}$

(2) Mengubah Desimal ke Oktal

$19_{10} = \ldots_8$

19 : 8 = 2 sisa 3

2 : 8 = 0 sisa 2

Jadi, $19_{10} = 23_8$

(3) Mengubah Bilangan Oktal ke Biner (OB)

Sistem oktal juga diterapkan pada teknik digit.Sistem ini tidak dipakai untuk perhitungan-perhitungan melainkan sebagai sarana "memendekkan" bilangan-bilangan biner.Jadi, sistem oktal dipakai untuk menyandi bilangan-bilangan biner. Kaitan antara oktal dan biner

diperoleh dengan memecah sampai 7 pada masing-masing sistem sebagai berikut :

000	001	010	011	100	101	110	111
0	1	2	3	4	5	6	7

Contoh : 3574_8 = … $_2$

=3 5 7 4

011 101 111 100

Jadi = 011101111100_2

(4) Mengubah Biner ke Oktal

Adalah kebalikan dari cara diatas (prosedurnya).

Kelompokkan masing-masing kedalam tiga bit, bila perlu tambahkan 0 pada masing-masing sisinya.

Contoh :

$1011,01101_2$ = …$_8$

= 001 011 , 011 010

1 3 , 3 2

= $13,32_8$

Catatan :

Kesederhanaan oktal ke biner dan sebaliknya mempunyai keuntungan dalam bidang digital.Salah satunya, pemindahan informasi kedalam dan keluar dari sistim digit memerlukan rangkaian dalam jumlah yang kecil. Karena bilangan oktal lebih mudah dibaca, dicatat, maupun dicetak dibandingkan bilangan biner. Keuntungan lain bahwa bilangan desimal yang besar-besar lebihmudah diubah ke biner jika terlebih dahulu ke oktal kemudian kebiner.

d) Bilangan Heksa Desimal

Bilangan ini mempunyai basis -16 sebagai berikut :

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 A B C D E F

10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 1A 1B 1C 1D 1E 1F

20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 2A 2B 2C 2D 2E 2F …

Penggunaan bilangan heksa desimal ini pada mikro komputer. Pada saat memprogram, menganalisa, dan memeriksa mikro komputer, anda akan membutuhkan bilangan heksa desimal. Disamping itu juga harus menguasai perubahan ke heksa desimal sebagai berikut :

(1) Penambahan dan pengurangan Heksa Desimal

Contoh :

```
8        9        C                9        10       14
7        3        5                   3        3        5
    ---+     ---+     ---+                --- -    ---- -   ---- -
     F        C        11                  6        D        F
```

(2) Perkalian dan pembagian

```
contoh :  4          5          8              12
              3          6          9              1E
             ----x      ----x      ----x           -----x
             C          1E         48              FC
12
                                                  --------+
                                                   2 1 C
                                                   3
```

(3) Mengubah Heksa Desimal ke Biner

Kita mengubah masing-masing angka HeksaDesimal ke ekivalen 4-Bitnya dengan menggunakan sandi pada tabel angka Heksa Desimal sebagai berikut :

Tabel Angka Heksa Desimal

Desimal	Biner	Heksa Desimal	Desimal	Biner	Heksa Desimal
0	0000	0	8	0008	8
1	0001	1	9	0009	9
2	0002	2	10	0010	A
3	0003	3	11	0011	B
4	0004	4	12	0012	C
5	0005	5	13	0013	D
6	0006	6	14	0014	E
7	0007	7	15	0015	F

Contoh : ubahlah 9AF ke biner :

9 A F

1001 1010 1111 Jadi : 9AF = 100110101111

(4) Mengubah Biner ke Heksa Desimal

Contoh : $\underbrace{1\ 0\ 0\ 0}_{8}\underbrace{1\ 1\ 0\ 0}_{C}{}_{(2)}$ = ... $_{(16)}$

(5) Mengubah Heksa Desimal ke Desimal

Contoh : F8E6 $= F \times 16^3 + 8 \times 16^2 + E \times 16^1 + 6 \times 16^0$

$= 61440 + 2048 + 224 + 6 =$

$= 63718_{(10)}$

(6) Mengubah Desimal ke Heksa Desimal

Contoh : $90_{(10)} = \ldots_{(16)}$

Penyelesaian :

90 : 16 = 5 sisa 10

5 : 16 = 0 sisa 5

= 5A

e) Sandi BCD *(Binary Coded Decimal)*

Mengubah bilangan biner yang panjang – panjang ke dalam bilangan desimal akan menyita waktu dan usaha. Dengan menerapkan sandi BCD pekerjaan akan sangat mudah. BCD adalah desimal yang disandikan ke dalam biner. Setiap angka desimal dari 0 s/d 9 disandikan dalam satu aksara yang terdiri dari 4 bit. Lihat tabel berikut.

Tabel Sandi BCD

Desimal	BCD	Desimal	BCD
0	0000	5	0101
1	0001	6	0110
2	0010	7	0111
3	0011	8	1000
4	0100	9	1001

Bobotnya tempat bit adalah 8, 4, 2, 1. maka sandi ini di namai 8421.

Menyandi bilangan desimal ke BCD (gunakan tabel)

(2) Mengubah BCD ke Biner

Contoh : 10000011,0101 (bcd) = . . . $_{(2)}$

Ada tiga langkah :

(a) Dibagi ke dalam kelompok empat bit mulai dari tanda koma sebagai berikut : 0001 0000 0011 , 0101

(b) Ubah ke dalam desimal :

0001 0000 0011 , 0101

1 0 3 , 5

(c) Ubah ke biner

103, 5 = 1100111,1 $_{(2)}$

Sehingga bilangan100000011,0101 (bcd) = 1100111,1 $_{(2)}$

(3) Mengubah Biner ke BCD

Contoh : 1000 1010, 101 $_{(2)}$ = ... (bcd)

Jawab : ada dua langkah pengerjaan

(a) $1 \times 2^7 + 1 \times 2^3 + 1 \times 2^1 \,.\, 1 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-3} = 138{,}625$

(b) 1 3 8 , 6 2 5

0001 0011 1000 ,0110 0010 0101 (bcd).

f) Sandi 2421

Sandi 2421 hampir sama dengan sandi 8421, terutama untuk bilangan desimal 0 sampai dengan 4. Tetapi sandi berikutnya merupakan pencerminan yang diinversi.

Tabel Sandi 2421

Desimal	2	4	2	1
0	0	0	0	0
1	0	0	0	1
2	0	0	1	0
3	0	0	1	1
4	0	1	0	0

Desimal	2	4	2	1
5	1	0	1	1
6	1	1	0	0
7	1	1	0	1
8	1	1	1	0
9	1	1	1	1

Perhatikan sandi desimal 5.Sandi tersebut merupakan cermin dari sandi 4 desimal, tetapi logikanya diinversi. Begitu pula pada sandi desimal 6 yang merupakan cermin dari sandi desimal 3 yang diinversi, dan seterusnya

Contoh :

378_{10} sandi 2421-nya adalah : 0011 1101 1110

g) Sandi Excess-3 (XS-3)

Sandi - sandi dimuka ialah sandi berbobot. Dan salahsatu sandi yang tidak berbobot ialah sandi excess-3. Lihat tabel angka heksa desimal.

Bila dari tabel ini dibuang tiga bilangan biner teratas dan juga bilangan biner paling bawah, maka kita peroleh 10 bilangan yang nilai binernya selalu tiga lebih tinggi dari nilai desimal. Sandi tersebut dinamai sandi excess-3 (3-lebih) .

Tabel Sandi Excess-3

Desimal	Excess-3
0	0011
1	0100
2	0101
3	0110
4	0111

Desimal	Excess-3
5	1000
6	1001
7	1010
8	1011
9	1100

Bilangan 0 sampai 4 dinyatakan dengan nol (0) pada bit paling kiri, sedang angka 5 sampai 9 dinyatakan dengan bilangan 1pada bit paling kiri. Hal ini akan menguntungkan dalam pekerjaan pembulatan. Keunggulan lain bahwa 0000 tidak mengandung sesuatu angka. Dengan demikian ada perbedaan antara “tak ada informasi” dan angka nol”. Tak ada informasi = 0000, angka nol = 0011 sandi excess-3 ini banyak diterapkan dalam sirkit ilmu hitung.

(1) Mengubah Desimal Ke Excess-3

Contoh :

Sandilah 64 $_{(10)}$ ke dalam excess-3

6 4

3 + 3 +

9 7

1001 0111 ---Diubah ke biner

maka 64 $_{(10)}$ = 1001 0111 (xs-3)

(2) Mengubah Excess-3 Ke Desimal

Contoh : 100011100 (xs-3) = … $_{(10)}$

1000 1100

0011 + 0011 +---- dikurangi dengan 0011 = 3

0101 1001 ---- bilangan BCD

5 9

Jadi bilangan : 10001100 (xs-3) = 59 $_{(10)}$

h) Sandi Gray

Contoh : 1100 (2) = ... $_{(gray)}$

(1) 1 1 0 0 angka gray pertama ialah = angka biner yang pertama

1

(2) 1 1 0 0 kemudian tambahkan 2 bit pertama bilangan biner dengan mengabaikan bawaan, hasilnya merupakan angka yang berikutnya.

↓ ↓

1 0

(3)1 1 0 0kemudian tambahkan 2 bit berikutnya.

1 0 1 0 maka bilangan 1100 $_{(2)}$ = 1010 $_{(gray)}$.

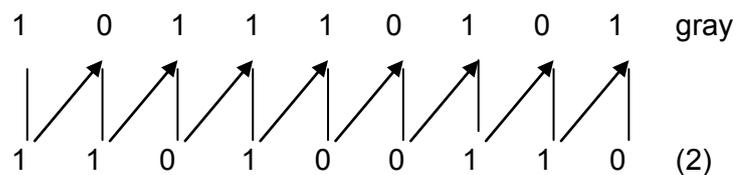
Tabel Sandi Gray

Desimal	Biner	Gray		Desimal	Biner	Gray
0	0000	0000		8	1000	1100
1	0001	0001		9	1001	1101
2	0010	0011		10	1010	1111
3	0011	0010		11	1011	1110
4	0100	0110		12	1100	1010
5	0101	0111		13	1101	1011
6	0110	0101		14	1110	1001
7	0111	0100		15	1111	1000

Perubahan Gray ke Biner

Contoh : 101110101 $_{(gray)}$ = ... $_{(2)}$

1 ––– angka pertama tetap sama

Kemudian tambahkan secara diagonal sebagai berikut :

i) Sandi ASCII

Kode Standar Amerika untuk Pertukaran Informasi atau ASCII (*American Standard Code for Information Interchange*) merupakan suatu standar internasional dalam kode huruf dan simbol seperti Hexdan Unicodetetapi ASCII lebih bersifat universal, contohnya 124 adalah untuk karakter "|". Ia selalu digunakan oleh komputer dan alat komunikasi lain untuk menunjukkan teks. Kode ASCII sebenarnya memiliki komposisi bilangan biner sebanyak 8 bit, dimulai dari 0000 0000 hingga 1111 1111. Total kombinasi yang dihasilkan sebanyak 256, dimulai dari kode 0 hingga 255 dalam sistem bilangan Desimal.

Tabel berikut berisi karakter-karakter ASCII . Dalam sistem operasi Windows dan MS-DOS, pengguna dapat menggunakan karakter ASCII dengan menekan tombol Alt+[nomor nilai ANSI (desimal)]. Sebagai contoh , tekan kombinasi tombol Alt+87 maka akan muncul karakter huruf latin "W" capital, Alt+52 untuk angka “4”. Dan seterusnya.

Karakter ASCII dibuat dalam suatu tabel,sebagai berikut :

Tabel Karakter ASCII

Karakter	Nilai Unicode (heksadesimal)	Nilai ANSI ASCII (desimal)	Keterangan
NUL	0000	0	Null (tidak tampak)
/	002F	47	Garis miring (slash)
0	0030	48	Angka nol
1	0031	49	Angka satu
4	0034	52	Angka empat
5	0035	53	Angka lima
V	0056	86	Huruf latin V kapital
W	0057	87	Huruf latin W kapital
X	0058	88	Huruf latin X kapital
SS2	008E	142	Single shift two
¡	00A1	161	Tanda seru terbalik
¢	00A2	162	Tanda sen (Cent)
£	00A3	163	Tanda Poundsterling
¤	00A4	164	Tanda mata uang (Currency)
¥	00A5	165	Tanda Yen

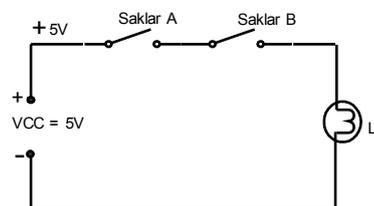
2) Gerbang Logika

Gerbang Logika adalah rangkaian dengan satu atau lebih sinyal masukan, tetapi hanya menghasilkan satu sinyal keluaran berupa tegangan tinggi atau tegangan rendah, yang identik dengan sistem biner (1 atau 0). Memang pada dasarnya gerbang logika adalah suatu parameter yang merupakan implementasi dari sistem bilangan biner.Dikarenakan analisis gerbang logika dilakukan dengan Aljabar Boolean maka gerbang logika sering juga disebut Rangkaian logika.

Rangkaian logika sering kita temukan dalam sirkuit digital yang diimplemetasikan secara elekrtonik dengan menggunakan dioda atau transistor.

a) Gerbang AND

Gerbang AND merupakan salah satu gerbang logika dasar yang memiliki dua buah saluran masukan (input) atau lebih, dan sebuah saluran keluaran (output). Suatu gerbang AND akan menghasilkan sebuah keluaran biner tergantung dari kondisi masukan dan fungsinya.

Rangkaian yang ditunjukkan oleh gambar 8.1 akan membantu dalam memahami konsep gerbang logika AND.

Gambar 1.1 Rangkaian gerbang AND

Sakelar A dan B harus berada pada kondisi tertutup guna menyalakan lampu L1. Dalam rangkaian logika, kita gunakan notasi-notasi yang telah umum guna menunjukkan kondisi-kondisi yang ada seperti berikut: Sakelar tertutup = 1; Sakelar terbuka = 0 Lampu menyala =1; Lampu padam = 0

Kinerja dari gerbang AND di atas dapat digambarkan dalam suatu tabel, yang disebut tabel kebenaran, berdasarkan kombinasi dari sakelar A dan B seperti ditunjukkan pada Tabel 1-1.

INPUT		OUTPUT
A	B	L1
0 terbuka	0 terbuka	0 padam
1 tertutup	0 terbuka	0 padam
0 terbuka	1 tertutup	0 padam
1 tertutup	1 tertutup	1 menyala

Tabel 1.1. Tabel Kebenaran Gerbang AND

Perhatikan Tabel Kebenaran tersebut bahwa L1 akan menyala = 1 hanya apabila kondisi A **dan** B = 1, kata **dan** tersebut yang menjadikan nama gerbang **AND**.

Jumlah kombinasi input adalah 2^N, dimana N merupakan jumlah input, dalam contoh di atas, N = 2 sehingga jumlah kombinasinya adalah 2^2 = 4.

Simbol dari gerbang AND adalah seperti pada gambar berikut :

Gambar 1.2 Simbol gerbang AND 2 input

Persamaan : Y = A . B

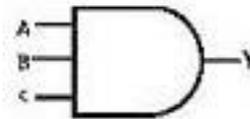
Dari persamaan tersebut, hitunglah :

0 . 0 = ...

0 . 1 = ...

1 . 0 = ...

1 . 1 = ...

Gerbang AND bisa mempunyai inpu tiga atau lebih, simbolnya sama, hanya jumlah inputnya yang berbeda :

Gambar 1.3 Simbol Gerbang AND 3 Input

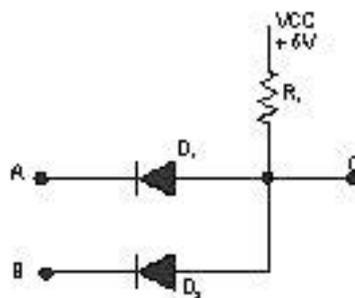
Persamaannya jadi : Y = A . B . C

Tabel kebenarannya :

INPUT			OUTPUT
A	B	C	
0	0	0	
0	0	1	
0	1	0	
0	1	1	
1	0	0	
1	0	1	
1	1	0	
1	1	1	

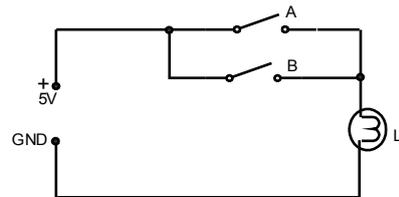
Tabel 1.2 Tabel kebenaran gerbang AND 3 input

Isilah nilai output dari tabel di atas, berdasarkan persamaannya !

Contoh rangkaian elektronik untuk gerbang AND :

Gambar 1.4 Rangkaian DiskritGerbang AND

b) Gerbang OR

Gerbang OR merupakan salah satu gerbang logika dasar yang memiliki dua buah saluran masukan (input) atau lebih, dan sebuah saluran keluaran (output). Suatu gerbang OR akan menghasilkan sebuah keluaran biner tergantung dari kondisi masukan dan fungsinya.

Rangkaian yang ditunjukkan oleh gambar 8.5 akan membantu dalam memahami konsep gerbang logika OR.

Gambar 1.5 Rangkaian Ekivalen Gerbang AND

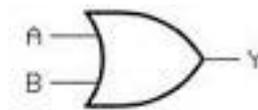
Suatu gerbang OR akan menghasilkan sebuah keluaran logika 1 apabila salah satu ataulebih saluran masukannya punya nilai logika 1.

Kinerja dari gerbang OR di atas dapat digambarkan dalam suatu tabel, yang disebut tabel kebenaran, berdasarkan kombinasi dari sakelar A dan B seperti ditunjukkan pada Tabel 1-3.

INPUT		OUTPUT
A	B	L
0 terbuka	0 terbuka	0 padam
1 tertutup	0 terbuka	1 menyala
0 terbuka	1 tertutup	1 menyala
1 tertutup	1 tertutup	1 menyala

.Tabel 1.3 Tabel Kebenaran Gerbang OR 2 Input.

Perhatikan Tabel Kebenaran tersebut bahwa L1 akan menyala = 1 hanya apabila kondisi A**atau** B, atau keduanya = 1, kata “**atau”** tersebut yang menjadikan nama gerbang **OR**.

Simbol dari gerbang OR adalah seperti pada gambar berikut :

Gambar 1.6 Simbol OR 2 Input

Persamaan : Y = A + B (tanda + dibaca “atau”)

Sehingga cara baca persamaan di atas : Y = A atau B

Dari persamaan tersebut, hitunglah :

0 + 0 = ...

0 +1 = ...

1 + 0 = ...

1 + 1 = ...

Gerbang OR bisa mempunyai inpu tiga atau lebih, simbolnya sama, hanya jumlah inputnya yang berbeda :

Gambar 1.7 Simbol OR 3 Input

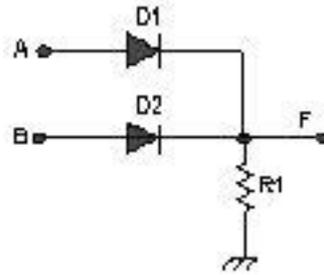
Persamaannya jadi : Y = A + B + C

Tabel kebenarannya :

INPUT			OUTPUT
A	B	C	
0	0	0	
0	0	1	
0	1	0	
0	1	1	
1	0	0	
1	0	1	
1	1	0	
1	1	1	

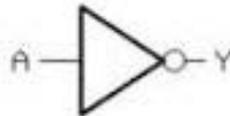
Tabel 1.4 Tabel Kebenaran Gerbang OR 3 Input

Isilah nilai output dari tabel di atas, berdasarkan persamaannya !

Contoh rangkaian elektronik untuk gerbang OR :

Gambar 1.8 Rangkaian Diskrit Gerbang OR

c) Gerbang NOT

Gerbang NOT disebut juga Inverter (*pembalik*) merupakan gerbang logika dengan satu sinyal masukan dan satu sinyal keluaran dimana sinyal keluaran selalu berlawanan (berbalikan) dengan sinyal masukan.

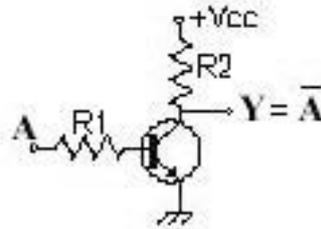
Bila masukannya ber-logika 1, maka pada keluarannya akan ber-logika 0, dan sebaliknya bila masukannya ber-logika 0, maka keluarannya akan ber-logika 1. Gambar 8.9 adalah simbol logika dari NOT berikut tabel benaran dan persamaannya.

Gambar 1.9 Simbol Gerbang NOT

INPUT	OUTPUT
A	Y
0	1
1	0

Tabel 1.5 Tabel Kebenaran Gerbang NOT

Persamaan : $Y = \overline{A}$

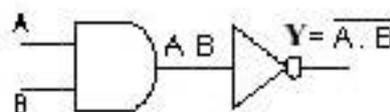
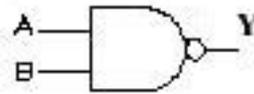
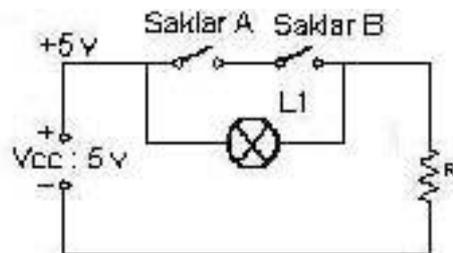
Tanda bar di atas A berarti NOT dan persamaan tersebut dibaca Y= not A atau Y = komplemen dari A.

Contoh rangkaian elektronik untuk gerbang OR :

Gambar 1.10 Rangkaian Deskrit Gerbang NOT

Gambar 1.10 menunjukkan rangkaian diskrit gerbang NOT yang dibangun menggunakan sebuah transistor dan dua buah resistor.

Bila sakelar masukan A dihubungkan ke logika 1 (+Vcc), maka transistor akan konduksi sehingga akan ada arus mengalir dari Vcc melalui R2 dan titik kolektor emitor transistor dan selanjutnya menuju ground. Dengan demikian maka pada titik Y akan berada pada kondisi rendah (transistor menghantar,C-E hubung singkat). Tetapi bila sakelar masukan A dihubungkan ke ground, maka transistor berada pada kondisi OFF/terbuka , sehingga titik Y akan berada pada kondisi tinggi (transistor *off*, C-E terbuka). Persamaan Boolean untuk operasi inverter adalah Y = □A. Bar di atas A berarti NOT dan persamaan tersebut dibaca Y = not A atau Y = komplemen dari A.

d) Gerbang NAND

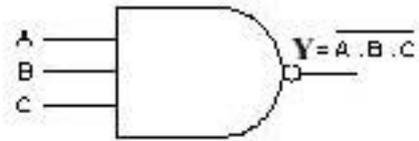
Sebuah gerbang NAND (NOT AND) merupakan kombinasi dari gerbang AND dengan gerbang NOT dimana keluaran gerbang AND dihubungkan ke saluran masukan dari gerbang NOT seperti ditunjukkan pada gambar 8.11.

Gambar 1.11 Logika AND NOT

Gambar 1.12 Simbol NAND

Gambar 1.13 Rangkaian ListrikGerbang NAND

Rangkaian pada gambar 8.13akan membantu dalam memahami konsep gerbang logika NAND. Sakelar A dan B harus berada pada kondisi tertutup guna memadamkan lampu L1.

INPUT		OUTPUT
A	B	
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Tabel 1.6 Tabel Kebenaran NAND

Tabel benaran dari gerbang NAND dapat digambarkan berdasarkan kombinasi dari sakelar A dan B seperti ditunjukkan pada Tabel benarannya. Perhatikan Tabel benaran tersebut bahwa L1 = 1 hanya apabila salah satu kondisi A dan B atau ke duanya = 0.

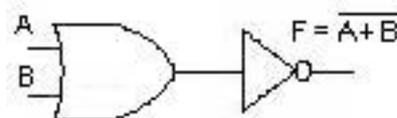
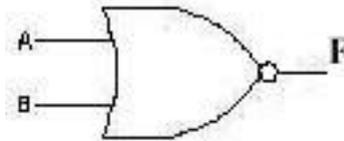
Persamaan NAND : $Y = \overline{A \, . \, B}$

Gambar 1.14 Simbol NAND 3 Input

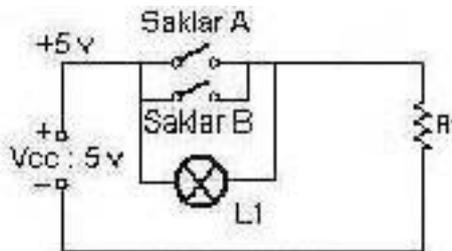
INPUT			OUTPUT
A	B	C	
0	0	0	
0	0	1	
0	1	0	
0	1	1	
1	0	0	
1	0	1	
1	1	0	
1	1	1	

Tabel 1.7 Tabel Kebenaran NAND 3 Input

Isilah nilai output dari tabel di atas, berdasarkan persamaannya !

e) Gerbang NOR

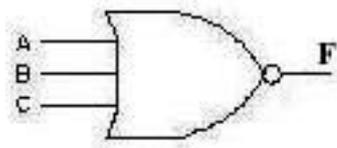
Sebuah gerbang NOR (Not OR) merupakan kombinasi dari gerbang OR dengan gerbang NOT dimana keluaran gerbang OR dihubungkan ke saluran masukan dari gerbang NOT seperti pada gambar 8.15.

Gambar 1.15 Logika OR NOT

Gambar 1.16 Simbol NOR

Gambar 8.16merupakan simbol NOR dengan dua masukan A dan B dan keluaran F, dimana diperoleh persamaan Boolean adalah $F = \overline{A+B}$ (dibaca A OR B NOT). Karena keluaran dari gerbang OR di"NOT"kan maka prinsip kerja dari gerbang NOR merupakan kebalikan dari gerbang OR. Untuk mempermudah penjelasan tersebut, perhatikan rangkaian kelistrikan NOR yang ditunjukkan oleh gambar 8.17.

Gambar 1.17 Rangkaian Listrik NOR

Gambar 8.17 menunjukkan, lampu akan menyala hanya kalau kedua sakelar A dan terbuka. Jika salah satu atau kedua sakelar tertutup, lampu padam. Hal itu merupakan kebalikan kerja dari gerbang OR.

Dari kinerja tersebut, gerbang NOR mempunyai tebel kebenaran sebagai berikut :

INPUT		OUTPUT
A	B	
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

Tabel 1.8 Tabel kebenaran gerbang NOR

Gambar 1.18 Simbol NOR 3 Input

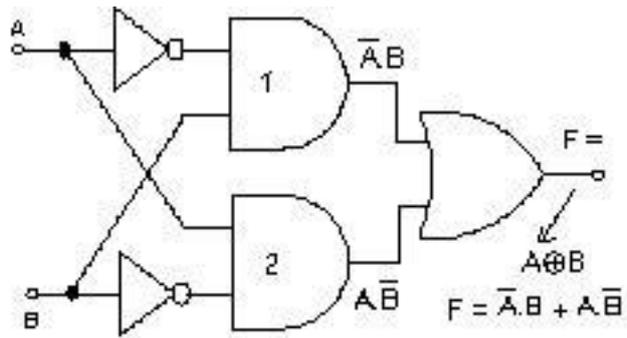
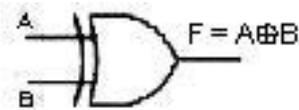
Persamaan NOR : $F = \overline{A + B + C}$

INPUT			OUTPUT
A	B	C	
0	0	0	
0	0	1	
0	1	0	
0	1	1	
1	0	0	
1	0	1	
1	1	0	
1	1	1	

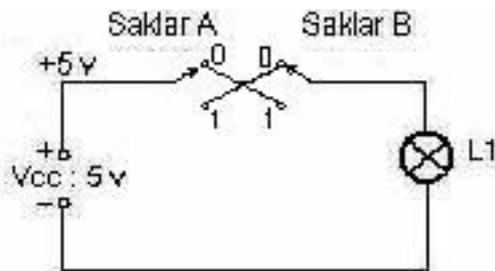
Tabel 1.9 Tabel Kebenaran NOR 3 Input

Isilah nilai output dari tabel di atas, berdasarkan persamaannya !

f) Gerbang EX-OR (Exlusive-OR)

Gerbang EX-OR merupakan rangkaian logika khusus yang sering digunakan dalam sistem digital, diantaranya sebagai rangkaian pembanding (comparator) rangkaian penguji paritas (parity cheker), rangkaian penambah, rangkaian pengurang, dan lainnya. Gambar 8.19 menunjukkan sebuah rangkaian gerbang EX-OR yang dibangun menggunakan gerbang-gerbang AND, OR dan NOT. Berikutnya rangkaian logika EX-OR memiliki simbol tersendiri seperti ditunjukkan pada gambar 1.20.

Gambar 1.19 Rangkaian Gerbang EXOR

Gambar 1.20 Simbol EXOR

Berdasarkan gambar tersebut dapat ditentukan persamaan Boolean yaitu :

$$F = \overline{A}.B + A.\overline{B}$$

Gambar 1.21 Rangkaian Listrik EX-OR

INPUT		OUTPUT
A	B	
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Tabel 1.10 Tabel Kebenaran EX-OR

Melihat tabel benaran gerbang EX-OR dapat disimpulkan bahwa keluaran sebuah gerbang EX-OR akan ber-logika 1 bila pada kedua masukannya berbeda, atau keluaran pada gerbang EX-OR akan berlogika 0 bila kedua masukannya mendapatkan nilai logika yang **sama**.Sebuah gerbang EX-OR hanya memiliki dua buah saluran masukan, tidak ada gerbang EX-OR yang memiliki saluran masuk lebih dari dua buah. Cara penulisan yang lebih singkat F = A □ B (dibaca F = A $_{EX\text{-}OR}$ B) dimana simbol □ menunjukkan operasi gerbang EX-OR.

Berdasarkan gambar tersebut dapat ditentukan persamaan Boolean yaitu :

$$F = \overline{A}.B + A.\overline{B}$$

3) Penyederhanaan Rangkaian Logika

a) Hukum Dan Teori Aljabar Boole

Rangkaian logika yang rumit dapat disederhanakan dengan menggunakan beberapa teori yang disusun oleh Boole yang pada akhirnya dikenal dengan Aljabar Boole :.

(1) Teori Absorbsi

A + A = A

A . A = A

(2) Teori Komunikatif

A + B = B + A

A . B = B . A

(3) Teori Asosiatif

A + (B+C)= (A+B) + C

A (BC) = (AB) C

(4) Teori Distributif

A (B+C) = AB + AC

A + BC = (A+B) (A+C)

(5) Teori De Morgan

$$\overline{A+B} = \overline{A}.\overline{B}$$
$$\overline{A.B} = \overline{A} + \overline{B}$$

(6) Operasi-operasi Baru

Operasi ini merupakan tulang punggung aljabar Boole.

(a) Fungsi yang berhubungan dengan nol:

A . 0 = 0

A + 0 = A

(b) Fungsi yang berhubungan dengan satu :

A . 1 = A

+ 1 = 1

(c) Teori Identitas

$$A + \overline{A} = 1$$
$$A . \overline{A} = 0$$

(d) Sifat-sifat absorbsi

A + AB = A

A (A+B) = A

(e) Sifat-sifat Absorbsi logika

$$A + \overline{A} B = A + B$$
$$A (\overline{A}+B) = A . B$$

Contoh Penyederhanaan Persamaan Boole :

1) F = AB + AC + BD

= A (B+C) + BD

2) F

$$= ABC + \overline{A}BC + A\overline{B}C$$
$$= \overline{A}BC + AC (B+\overline{B})$$
$$= \overline{A}BC + AC$$
$$= C (A+\overline{A}B)$$
$$= C (A+B)$$
$$= AC + BC$$

Soal Latihan :

Sederhanakan dan gambarkan rangkaian logikanya :

1) $F = \overline{A}B\overline{C} + AB\overline{C} + ABC$

2) $F = \overline{A}BC + A\overline{B}C + AB\overline{C} + ABC$

3) $F = ABCD + AB\overline{C}\,\overline{D} + \overline{A}\,\overline{B}CD + \overline{A}B\overline{C}D + ABC\overline{D} + \overline{A}BCD$

4) $F = \overline{A}C + \overline{A}B + BC + AB + A\overline{C}$

5) $F = \overline{A}\,\overline{C} + B\overline{C} + A\overline{B}$

6) $F = \overline{A}\,\overline{B} + \overline{A}C + AC + A\overline{B}$

7) $F = \overline{A}\,\overline{C} + A\overline{B}\,\overline{C} + \overline{A}BC$

4) *Product of Sum* (Hasil Kali Dari Jumlah)

Dalam merancang rangkaian logika yang lebih rumit, akan sangat membantu bila terlebih dahulu kita susun tabel benarannya. Kemudian kita sederhanakan bentuk persamaan aljabar Boolean-nya, selanjutnya kita bangun rangkaian logika yang bersangkutan.

Pada rangkaian *product of sum* (bentuk mayor) adalah cara menyederhanakan bentuk persamaan yang diperoleh dari sebuah tabel benaran yaitu melalui keluaran yang menghasilkan logika 0.

contoh 1 :

INPUT		OUTPUT
A	B	
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Tabel 1.11 Contoh Tabel *Product of Sum*

Output tabel merupakan sesuatu yang kita rancang (inginkan), langkah selanjutnya,kita lihat output yang nilainya 0. Ternyata ada 2, yaitu baris ke 1, dan ke 4.

Dari baris ke 1 dan ke 4, masing-masing kita buat persamaannya, hasilnya : Baris ke 1 : F = A + B

Baris ke 4 : $F = \overline{A} + \overline{B}$

Berikutnya kedua persamaan yang didapat dikalikan.

Hasilnya : $F = (A+B) \cdot (\overline{A}+\overline{B})$

$= A\overline{A} + A\overline{B} + \overline{A}B + B\overline{B}$

$= \overline{A}B + A\overline{B}$

Hasil akhir yang didapat ternyata sebuah EX-OR, seperti pada gambar 8.19.

Contoh 2 :

INPUT			OUTPUT
A	B	C	
0	0	0	1
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	0

Tabel 1.12 Tabel Contoh 2 *product of sum*

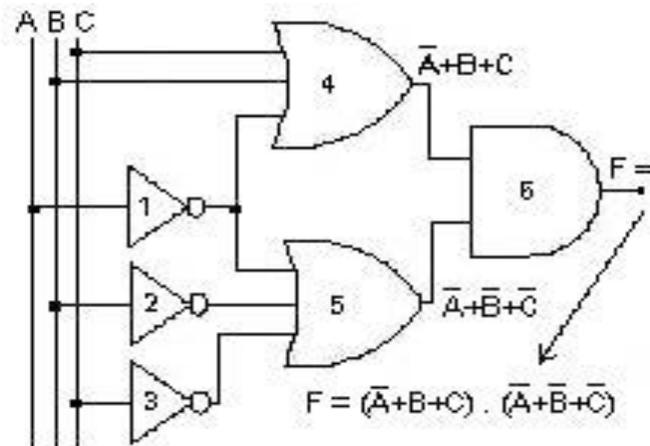
Pada baris ke 5 kita dapatkan : F = $\overline{A} + B + C$

Pada baris ke 8 kita dapatkan : F = $\overline{A} + \overline{B} + \overline{C}$

Kedua persamaan tersebut kita gabungkan menjadi :

$$F = (\overline{A} + B + C)(\overline{A} + \overline{B} + \overline{C})$$

Persamaan tersebut merupakan bentuk mayor (maxterm) yang diperoleh dari tabel, dimana variabel-variabel (sinyal masukan) yang

di"OR"kan tersebut kemudian di"AND"kan sehingga diperoleh bentuk rangkaian seperti pada gambar 1.22.

Gambar 1.22 Hasil Contoh 2 *Product of Sum*

Karena persamaan ini merupakan hasil kali dari jumlah dan rangkaian yang bersangkutan terdiri dari sekelompok OR yang menDrive sebuah gerbang And maka rangkaian logika di atas kita sebut Jaringan OR-AND.

Tugas :

Buatlah rangkaian logikanya, melalui *product of sum* dari tabel berikut :

A	B	C	F
0	0	0	1
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	1
1	1	0	0
1	1	1	0

5) *Sum of Product* (Jumlah Dari Hasil Kali)

Pembuatan rangkaian logika menggunakan metoda *sum of product* merupakan kebalikan dari *product of sum*. Pada metode*sum of product* (bentuk minor), kita tentukan bentuk persamaan dari tabel benaran pada tiap-tiap kombinasi masukan yang menghasilkan nilai keluaran F = 1.

Contoh 1 : Perhatikan tabel berikut :

A	B	F
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Tabel 1.13 Tabel Contoh 1 *Sum of Product*

Dari tabel ini kita pilih keluaran F yang bernilai 1, didapat pada baris ke-2 dan ke-3.

Baris ke2 $F = 1$ bila $\overline{A} = 1$, $B = 1$ Jadi $F = \overline{A}\,B$:

Baris ke 3 $F = 1$ bila $A = 1$, $\overline{B} = 1$ Jadi $F = A\,\overline{B}$

Dari semua ini dapat didapat bahwa hasil kali fundamental yang menghasilkan keluaran 1 adalah : $\overline{A}\,B$ dan $A\,\overline{B}$.

Oleh karena itu persamaan Boole nya adalah : $F = \overline{A}\,B + A\,\overline{B}$

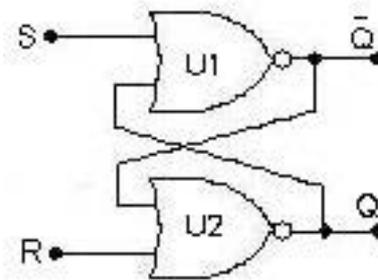
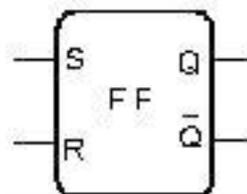
Bentuk persamaan Aljabar Boole ini disebut penjumlahan dari hasil kali (*sum of product*), sebab besaran-besaran variable dikalikan dulu, kemudian hasil kali tersebut dijumlahkan.Bentuk ini disebut juga bentuk “Minor (minterm)” Hasil akhir yang didapat ternyata sebuah EX-OR, seperti pada gambar 8.19.

Tugas :Buatlah rangkaian logikanya dengan metode *sum of product* dari tabel berikut :

INPUT			OUTPUT
A	B	C	F
0	0	0	1
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	1
1	1	0	0
1	1	1	0

6) Rangkaian Sekuensial

Rangkaian sekuensial adalah berfungsi untuk mengatur data yang berturut-turut dan berurutan.Prinsip dasar dari rangkaian sekuensial adalah rangkaian RS flip-flop.

RS (Reset-Set) flip-flop dapat dibangun menggunakan gerbang kombinasi seperti NOR atau NAND. Gambar 10.21 menunjukkan rangkaian RS flip-flop yang dibangun menggunakan dua buah gerbang NOR dua saluran masukan.

Gambar 1.23 RS Flip-flop NOR

Gambar 1.24 Simbol RS Flip-flop*Positive Logic*

Prinsip kerja rangkaian sebagai berikut : Kita mulai dengan mengatur masukan R (*Reset*) pada kondisi rendah (*low*). Saat keluaran not Q menjadi rendah, maka keluaran tersebut selanjutnya diumpankan ke masukan U2. Kita peroleh keluaran logika tinggi pada U2 dengan memberikan nilai logika rendah pada masukan R. Keluaran U2 tersebut diumpanbalikan ke masukan U1 dan akan mempertahankan kondisi keluaran RS-FF ini meskipun masukan S berubah menjadi rendah (ingat bahwa sebuah gerbang NOR hanya memerlukan salah satu masukannya berlogika 1 guna membuat keluarannya berlogika 0).

Dengan demikian kita telah mengunci (*latched*) flip-flop tersebut sehingga disebut dengan istilah RS-Latch. Pada kondisi demikian, maka meskipun terjadi perubahan logika pada masukan S tidak akan mengubah kondisi keluarannya.

Pada saat kita berikan logika tinggi pada saluran masukan Reset R (masukan S harus dibuat rendah), hal ini berarti me-reset rangkaian, sehingga keluaran Q menjadi rendah, kemudian mengumpankannya ke masukan U1 dan menyebabkan keluaran not Q tinggi.

Rangkaian berada pada kondisi reset; kita telah menghapus isi memori. Selanjutnya adalah menunggu sinyal logika 1 berikutnya pada masukan S. Suatu perubahan nilai-nilai logika pada masukan reset R ketika FF berada pada kondisi reset, maka hal tersebut tidak akan mengubah kondisi keluarannya.

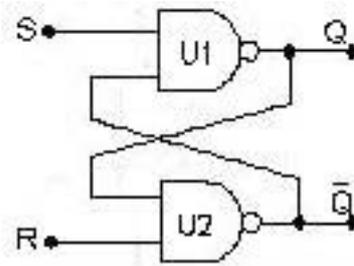
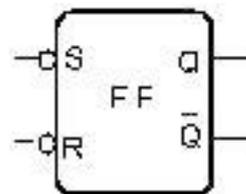
Keluaran Q dan not Q.akan berada pada kondisi terakhir bila kedua masukan R dan S diberi logika rendah.kedua masukan R dan S tidak boleh diberi nilai logika tinggi pada saat yang bersamaan, suatu kondisi yang dilarang pada flip-flop, hal ini harus dihindari.

Tabel kebenaran sebuah RS *Latchpositive logic* ditunjukkan pada tabel berikut :

INPUT		OUTPUT	
S	R	Q	$\bar{Q}$
0	0	Q_0	Q_0
0	1	0	1
1	0	1	0
1	1	0^*	0^*

0^* = kondisi yang dilarang

Tabel 1.14 Tabel Kebenaran Flip-flop RS

Penjelasan di atas adalah RS Latch dibangun menggunakan gerbang NOR.Sebuah RS Latch yang dibangun menggunakan gerbang NAND ditunjukan oleh gambar berikut :

Gambar 1.25 RS Flip-flop NAND

Gambar 1.26 Simbol RS Flip-flop *Negative Logic*

Rangkaian RS Latch ini memiliki operasi yang hampir sama dengan RS Latch menggunakan gerbang NOR. Perbedannya bahwa RS Latch dari gerbang NAND ini beroperasi pada logika rendah, dimana nilai logika ini digunakan untuk meng-set atau me-reset rangkaian FF.

Tabel kebenaran untuk RS Latch yang menggunakan gerbang NAND ditunjukan pada tabel berikut :

INPUT		OUTPUT	
S	R	Q	$\bar{Q}$
0	0	Q_0	Q_0
0	1	0	1
1	0	1	0
1	1	0*	0*

0* = kondisi yang dilarang

Tabel 1.15.Tabel Kebenaran RS Flip-flop Negativ.

7) Multivibrator

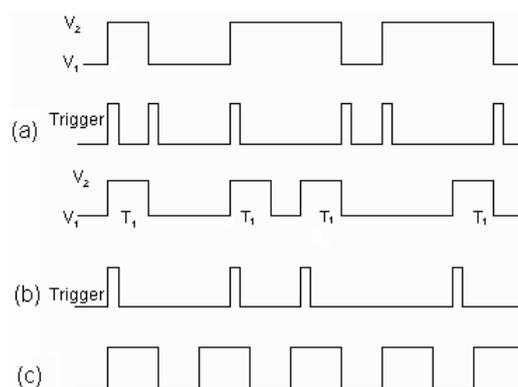
Multivibrator adalah suatu rangkaian elektronika yang pada waktu tertentu hanya mempunyai satu dari dua tingkat tegangan keluaran, kecuali

selama masa transisi.Peralihan *(switching*) di antara kedua tingkattegangan keluaran tersebut terjadi secara cepat.Dua keadaan tingkat tegangan keluaran multivibrator tersebut, yaitu stabil *(stable)* dan *Quasistable.*

Disebut stabil apabila rangkaian multivibrator tidak akan mengubah tingkat tegangan keluarannya ke tingkat lain jika tidak adapemicu *(trigger*) dari luar rangkaian. Disebut *quasistable* apabila rangkaian multivibrator membentuk suatu pulsa tegangan keluaran sebelum terjadi peralihan tingkat tegangan keluaran ke tingkat lainnya tanpa satupun pemicu dari luar.Pulsa tegangan itu terjadi selama 1 periode (T_1), yang lamanya ditentukan oleh komponen-komponen penyusun rangkaian multivibrator tersebut.

Ketika rangkaian multivibrator mengalamiperalihan di antara dua tingkat keadaan tegangan keluarannya maka keadaan tersebut disebut sebagai keadaan *unstable* atau kondisi transisi.Selain definisi-definisi tentang tingkat keadaan atau kondisi tegangan keluaran rangkaian multivibrator, juga terdapat definisi-definisi tentang rangkaian multivibrator itu sendiri.

a) *Multivibrator Bistable* (Flip-flop)

Disebut sebagai *multivibrator bistable* apabila kedua tingkattegangan keluaran yang dihasilkan oleh rangkaian multivibrator tersebut adalah stabil dan rangkaian multivibrator hanya akan mengubah kondisi tingkat tegangan keluarannya pada saat dipicu. Tegangan keluarannya ditunjukkan dalam gambar berikut.

Gambar 1.16 Diagram Pulsa Multivibrator

b) *Multivibrator Monostable (One-shot)*

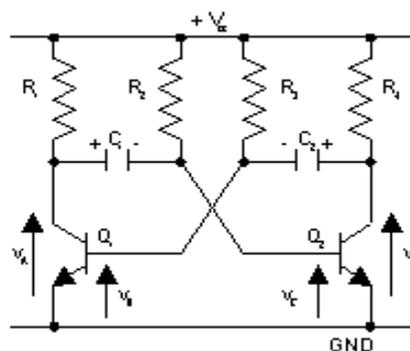
Disebut sebagai *multivibrator monostable* apabila satu tingkattegangan keluarannya (V_1 dalam Gambar 1.16 b) adalah stabil sedangkan tingkat tegangan keluaran yang lain (V_2 dalam Gambar 1.16b) adalah *quasistable.*

Rangkaian tersebut akan beristirahat pada saat tingkat tegangan keluarannya dalam keadaan stabil, sampai dipicu menjadi keadaan *quasistable.*

Keadaan *quasistable* dibentuk oleh rangkaian multivibrator untuk suatu periode T_1 yang telah ditentukan sebelum berubah kembali ke keadaan stabil.Sebagai catatan bahwa selama periode T_1 adalah tetap, waktu antara pulsa-pulsa tersebut tergantung pada pemicu.Tegangan keluaran multivibrator ini ditunjukkan dalam Gambar 1.16b.

c) *Multivibrator Astable*

Disebut sebagai *multivibrator astable* apabila kedua tingkat tegangan keluaran yang dihasilkan oleh rangkaian multivibrator tersebut adalah *quasistable.*Rangkaian tersebut hanya mengubah keadaan tingkat tegangan keluarannya di antara 2 keadaan, masing-masing keadaan memiliki periode yang tetap. Rangkaian multivibrator tersebut akan bekerja secara bebas dan tidak lagi memerlukan pemicu.

Tegangan keluaran multivibrator ini ditunjukkan dalam Gambar 1.16c.Periode waktu masing-masing *level* tegangan keluarannya ditentukan oleh komponen-komponen penyusun rangkaian tersebut. Banyak metode digunakan untuk membentuk rangkaian multivibrator astabil, di antaranya adalah dengan menggunakan *Operational Amplifier*, menggunakan IC 555, atau transistor bipolar.

Gambar 1.17 Rangkaian Multivibrator Astabil

Rangkaian multivibrator astabil yang dibuat dengan teknologi film tebal ini memanfaatkan kombinasi dua buah transistor NPN, dua buah kapasitor, dan empat buah resistor.

Pada rangkaian multivibrator astabil ini. Dua buah transistor yang digunakan akandioperasikan sebagai suatu saklar (*switch*). Nilai-nilai 4 buah resistor yang digunakan, yaitu 2 buah digunakan sebagai resistansi kolektor dan 2 buah digunakan sebagai resistansi basis haruslah memiliki nilai resistansi yang tepat untuk memastikan transistor akan *on* pada saat transistor berada dalam keadaan saturasi (*on*) dan akan *off* pada saat berada dalam keadaan *cutoff* (tersumbat). Resistor-resistor tersebut akan menentukan besarnya arus basis transistor, nilai arus basis ini yang akan menentukan apakah transistor akan berada dalam keadaan saturasi atau berada dalam keadaan tersumbat.

Untuk menentukan periode masing-masing level tegangan keluaran, digunakan resistor dan kapasitor dengan nilai tertentu.Rangkaian multivibrator astabil tersebut disusun dengan menggunakan sepasang transistor NPN yang disusun secara menyilang sebagai *common emitter amplifier*. Apabila satu dari dua transistor tersebut memulai untuk menghantar, maka sinyal umpan balik kepada basis transistor akan meningkat dan transistor tersebut akan secepat mungkin berubah menjadi *on*. Dengan proses yang sama, transistor kedua akan secepat mungkin berubah menjadi *off*. Susunan rangkaian multivibrator astabil tersebut ditunjukkan dalam Gambar 1.17

Dalam Gambar tersebut, keluaran transistor pertama (Q_1) yaitu v_A, melalui kapasitor C_1 dihubungkan ke masukan transistor kedua (Q_2). Untuk menganalisis rangkaian tersebut, pada awalnya kedua transitor dianggap dalam keadaan saklar *on*, kedua transistor tersebut berubah ke keadaan aktifnya. Kemudian, jika v_A meningkat, v_C akan mengikutinya. Setelah itu v_D akan turun yang akan menyebabkan v_B juga ikut turun, keadaan tersebut akan memperkuat peningkatan di v_A. Jika komponen-komponen yang digunakan untuk menyusun rangkaian multivibrator tersebut dipilih secara benar, maka dalam satu waktu satu transistor (Q_1) akan bekerja sampai keadaan saturasi (*on*) dan transistor lainnya (Q_2) akan berada dalam keadaan *off*. Kondisi tersebut biasa disebut sebagai suatu kondisi *regenerative switch*. Apabila digunakan suatu pendekatan nilai tegangan, maka untuk transistor yang berada dalam keadaan *on*:.

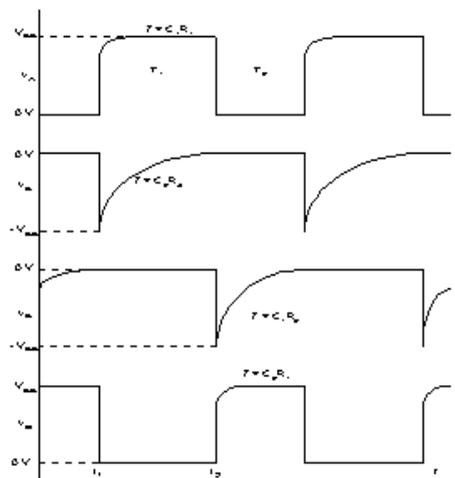
$v_A = V_{CE}(on) = 0$ V (1) $v_B = V_{BE}(on) = 0$ V (2)

Sedangkan untuk transistor yang berada dalam keadaan *off*:

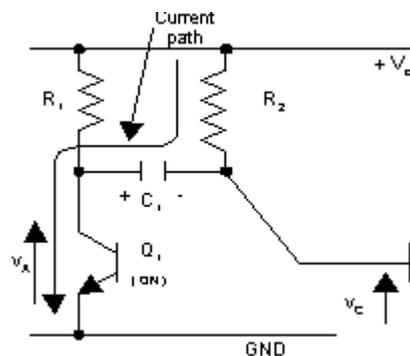
$v_C < 0$ V (3) $v_D = V_{CC}$ (4)

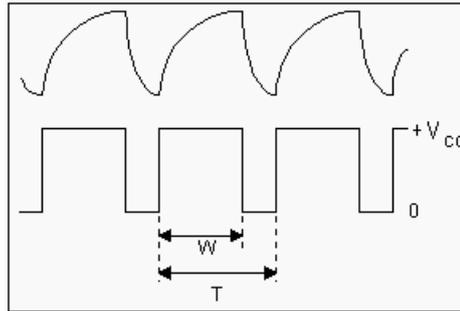
Nilai tegangan-tegangan tersebut seperti yang ditunjukkan dalam diagram bentuk gelombang dalam Gambar 1.27, pada t = 0. Sebagai catatan bahwa dengan ujung atas R_2 dihubungkan dengan V_{CC} dan ujung bawah dihubungkan dengan v_C (negatif), maka arus akan mengalir melewatinya. Karena Q_2*off*, maka arus tersebut harus mengalir melalui C_1 dan Q_1 ke bumi, sehingga transistor Q_1akan*on*.

Nilai v_A adalah telah tetap pada sekitar 0 V karena Q_1 telah berada dalam keadaan saturasi, sehingga v_C akan meningkat secara eksponensial dari nilai negatif ke nilai V_{CC} dengan t = C_1R_2 (dengan menganggap bahwa resistansi kolektor-emitor transistor Q_1 tidak diperhatikan pada saat mengalami keadaan saturasi).

Ketika V_C mencapai nilai 0 V, transistor Q_2 menjadi on, sehingga v_D akan turun dan transisi kebalikannya akan terjadi yang menyebabkan Q_1 menjadi *off* dan Q_2 menjadi *on*. Apabila 4 bentuk gelombang dalam Gambar 1.27 dilihat secara rinci lagi, maka akan menunjukkan bahwa setelah Q_2 berubah menjadi *on*, tegangan kolektornya (v_D) akan turun dari V_{CC} ke 0 V. Penurunan ini dikonduksikan ke v_B melalui $C_{2,}$ sehingga v_B juga akan turun melalui $V_{CC,}$ tetapi penurunan tersebut dimulai dari 0V menuju -V_{CC}.

Gambar 1.18 Bentuk Gelombang Multivibrator Astabil

Walaupun v_A meningkat dari 0 V ke $+V_{CC}$, v_C tidak dapat mengikutinya karena v_C telah mencapai nilai 0 V dan membawa Q_2 menjadi *on*. v_C terpotong setelah *basis-emitter junction* dari Q_2 terhubung (*on*). Ketika nilai tegangan bagian kanan C_2 turun, bagian kiri C_2 tersebut dapat mengikutinya karena Q_1 adalah *off* (rangkaian terbuka). Akan tetapi ketika nilai tegangan bagian kiri C_1 meningkat dengan v_A, bagian kanan C_1 tersebut tidak dapat mengikutinya karena v_C telah terpotong oleh arus basis pada Q_2. Hal tersebut akan menyebabkan C_1 harus mengisi muatan melalui R_1 oleh V_{CC} agar v_A meningkat dengan (= C_1R_1) pada bentuk gelombang v_A. Pada saat Q_1*off*, maka Q_2*on*, dan v_B berada pada nilai $-V_{CC}$. Arusnya sekarang mengalir melalui R_3 dan C_2 dan melalui Q_2, sehingga $v_B$akanmeningkat secara eksponensial dari $-V_{CC}$ menuju $+V_{CC}$ dengan (= C_2R_3). Ketika v_B mencapai nilai 0 V, Q_1akan kembali menghantar sehingga Q_1 akan *on* dan Q_2*off*.

Jika dilihat bentuk gelombang v_B dalam Gambar 1.27, periode T_1 adalah waktu v_B untuk mencapai setengah peningkatan dari $-V_{CC}$ ke $+V_{CC}$, yaitu waktu yang digunakan untuk mencapai nilai 0 V. Untuk melihat ketidaksimetrian keluaran rangkaian multivibrator astable, ditentukan suatu siklus kerja (*duty cycle*) berdasarkan PersamaanD = W / T x 100%

Gambar 1.19 Jalur Arus Melewati C_1 Ketika Q_1 On

Besarnya W dan T ditunjukkan dalam Gambar 1.20 yang merupakan bentuk gelombang keluaran multivibrator astable.W merupakan waktu osilasi keluaran pada saat mencapai tegangan V_{CC}, sedangkan T merupakan periode osilasi keluaran.

Gambar 1.20 Bentuk GelombangKeluaran Multivibrator Astabil

Siklus kerja (*duty cycle*) selalu berada di antara 50 dan 100 persen, tergantung pada nilai-nilai komponen kapasitor dan resistor yang menyusunnya.

Teknologi film tebal tidak dapat digunakan untuk pembuatan komponen-komponen aktif, seperti: dioda, transistor, dan komponen semikonduktor lainnya. Oleh karena itu komponen-komponen aktif yang diperlukan dalam suatu rangkaian elektronika yang dibuat harus ditambahkan sendiri ke dalam rangkaian tersebut. Komponen-komponen aktif yang cocok untuk digabungkan dalam proses teknologi film tebal ini adalah yang berupa *Surface Mount Device* (SMD), karena SMD tidak memerlukan lubang pada substrat untuk menempelkan kaki-kakinya. Apabila tidak digunakan SMD atau hanya digunakan komponen standar, komponen-komponen tersebut tentunya akan memerlukan lubang pada substrat.

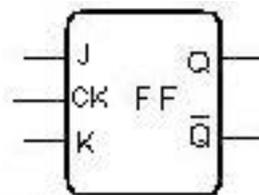
Proses pelubangan dilakukan dengan menggunakan pengeboran ultrasonik atau oleh laser. Proses tersebut memerlukan biaya yang sangat besar, oleh karena itu agar biaya pembuatan dapat ditekan digunakan komponen SMD yang tentunya tidak memerlukan proses pengeboran pada substrat.

Penempatan komponen SMD yang digunakan pada substrat adalah dengan cara penyolderan SMD tersebut yang sebelumnya telah ditempatkan pada konduktor yang telah tercetak. Penyolderan dilakukan dengan menggunakan pasta solder.

Di samping berupa komponen-komponen aktif, SMD juga menyediakan komponen-komponen pasif, seperti: resistor, kapasitor, dan induktor. Komponen-komponen pasif tersebut disediakan untuk mengantisipasi terbatasnya bahan pasta yang tersedia dalam proses pembuatan rangkaian hibrida film tebal.

8) JK Flip-flop

JK flip-flop merupakan salah satu jenis flip-flop yang sering digunakan dalam rangkaian digital. Gambar 1.30 menunjukan sebuah symbol JK-FF yang ditriger oleh sisi positif dari sinyal clock. Input J dan K berfungsi untuk mengendalikan kondisi FF seperti halnya input S dan R pada SR-FF. Perbedaan utama yang ada bahwa pada kondisi J=1 dan K=1, maka pada JK-FF tidak dilarang.

Pada kondisi ini maka output pada flip-flop akan selalu berbalik keadaan dari kondisi sebelumnya saat terjadi transisi positif dari sinyal clock. Hal ini disebut dengan istilah “*toggle*”.

Gambar 1.21 Simbol JK Flip-flop

INPUT			OUTPUT
CLK	J	K	Q
↑	0	0	Tetap
↑	0	1	0
↑	1	0	1
↑	1	1	Toggle

Tabel 1.16 Tabel kebenaran JK Flip-flop

Berdasarkan tabel kebenaran tersebut maka prinsip kerja JK-FF dapat dijelaskan sebagai berikut : sebelumnya perlu dipahami terlebih dahulu bahwa JK-FF jenis ini dikendalikan oleh input sinkron aktif tinggi (□) dimana keluaran Q pada FF ini akan tergantung pada kondisi input J dan K saat terjadi transisi dari rendah ke tinggi pada masukan clock.

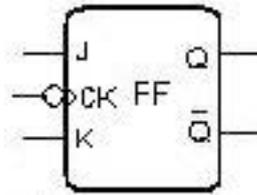
Pada kondisi J = 0 dan K = 0, saat terjadi perubahan dari rendah ke tinggi pada clock, maka keluaran Q pada FF tidak berubah (tetap).

Pada kondisi J = 1 dan K = 0, saat terjadi perubahan dari rendah ke tinggi sinyal clock, output Q pada FF akan berlogika 1 (mengikuti J).

Pada kondisi J = 0 dan K = 1, saat terjadi perubahan dari rendah ke tinggi sinyal clock, maka output Q pada FF = 0 (mengikuti J). Jadi pada prinsipnya bahwa bila input J dan K diberi nilai logika yang berlawanan, J = 1

dan K = 0 atau sebaliknya) maka keluaran Q pada FF akan sama dengan data pada masukan J saat terjadi transisi positif dari clock.

Pada kondisi J = 1 dan K = 1, maka saat terjadi perubahan dari rendah ke tinggi dari sinyal *clock*, keluaran Q pada FF akan*toggle*.

Penjelasan tersebut adalah mengenai prinsip kerja dari JK-FF yang ditriger oleh transisi positif sinyal clock. Terdapat jenis JK-FF yang beroperasi dengan trigger negatif seperti ditunjukkan oleh symbol JK-FF pada gambar 1.22.

Gambar 1.22 Simbol JK Flip-flop Clock Transisi Negativ

Terdapat lingkaran kecil pada masukan clock yang menunjukkan bahwa JK-FF jenis ini ditriger oleh pulsa clock pada transisi negatif (aktif rendah) dimana kondisi-kondisi keluaran FF akan ditentukan oleh perubahan dari logika tinggi ke rendah sinyal clock baik pada JK-FF aktif tinggi maupun aktif rendah, pada prinsipnya memiliki operasi yang sama.

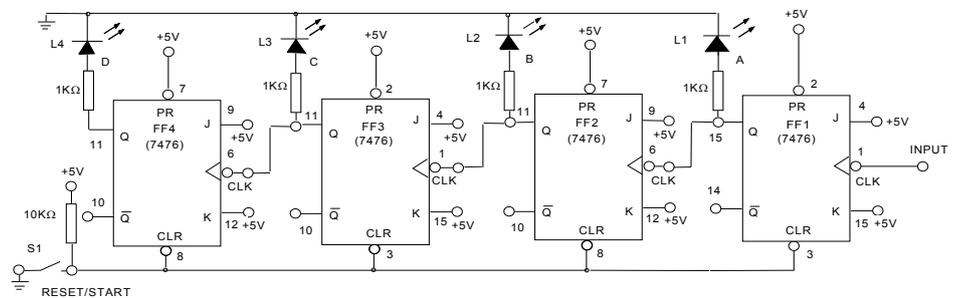
9) Counter

Counter merupakan rangkaian digital yang berfungsi sebagai pencacah. Penggunaan pencacah hampir di setiap rangkaian rangkaian digital. Terdapat dua klasifikasi counter yaitu :*counter* seri (asinkron) dan counter parallel (sinkron). Sedangkan jenis pencacah adalah pencacah naik (*up counter*), pencacah turun (*down counter*), dan pencacah naik-turun (*up-down counter*).

Counter Asinkron (Ripple) terdiri atas deretan Flip-flop yang dikonfigurasikan dengan menyambung outputnya dari yang satu ke yang lain. Sinyal input Clock FF pertama akan mengubah kedudukan outpunya apabila tebing *(Edge)* yang benar yang diperlukan terdeteksi. Output ini kemudian mentrigger input clock berikutnya ketika terjadi tebing yang seharusnya sampai. Dengan cara ini sinyal pada inputnya akan meriplle (mentrigger input berikutnya) dari satu FF ke yang berikutnya sehingga sinyal itu mencapai ujung akhir deretan itu. Ingatlah bahwa FF T dapat membagi sinyal input dengan faktor 2 (dua). Jadi *Counter* dapat menghitung dari 0 sampai 2^n - 1 (dengan n sama dengan banyaknya Flip-flop dalam deretan itu). Modulus sebuah *Counter*

adalah banyaknya kedudukan (state) yang mungkin dipunyai. Modulus *Counter,* normalnya adalah 2^n (n = banyaknya Flip-flop dengan seri).

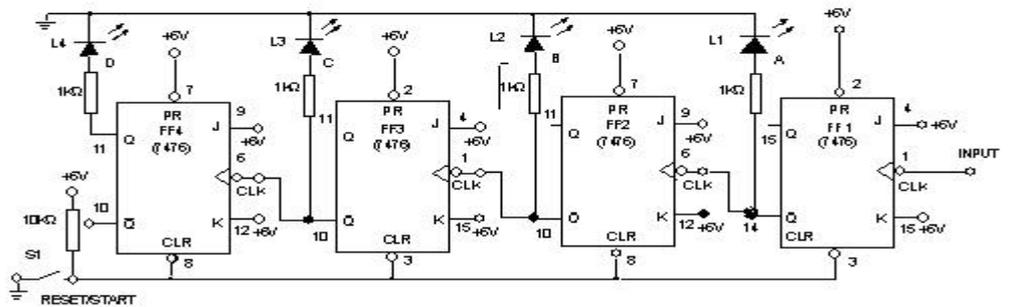
Pencacah seri sangat sederhana dan mudah dipahamai dalam operasi maupun kontruksinya dan biasanya membutuhkan perangkat keras dalam jumlah kecil.Namun demikian, pencacah ini memiliki kecepatan yang terbatas.Masing-masing flip-flop dipicu oleh flip-flop yang mendahuluinya, dengan demikian pencacah yang bersangkutan mempunyai waktu penyelesaian yang komulatif.Pencacah semacam ini disebut “Seri” atau “Tak serempak”.Untuk meningkatkan kecepatan dapat diperoleh dengan menggunakan pencacah “Paralel” atau “Serempak”.

Counter Naik / *Ripple (Up Counter Asinkron)*

Gambar 1.23 Counter Naik *(Ripple)*

INPUT	OUTPUT				
Banyak Clock	L4=8	L3=4	L2=2	L1=1	Eqivalen Desimal
0 1 2 3					
4 5 … … …					
32 33 34 35 36					

Tabel 1.17 Tabel Counter Naik

Counter Turun *(Down Counter Asinkron)*

Buat rangkaian berikut :

Gambar 1.24 Counter Turun

a) Set Switch data SW1 = tinggi. Apa maksud dari langkah ini ?

b) Set Switch data SW2 dari rendah ke tinggi. Maksudnya adalah ...

c) Setlah Switch data SW1 berkali-kali kemudian catat peragaan output pada L1- L4 dan catat equivalen desimal untuk masing-masing bilangan biner.

d) Hubungkan klok IC2, IC3, dan IC4 masing-masing dari not Q

INPUT	OUTPUT				
Banyak Clock	L4 = 8	L3 = 4	L2 = 2	L1 = 1	Eqivalen Desimal
0					
1					
2					
3					
4					
…					
…					
…					
28					
29					
30					

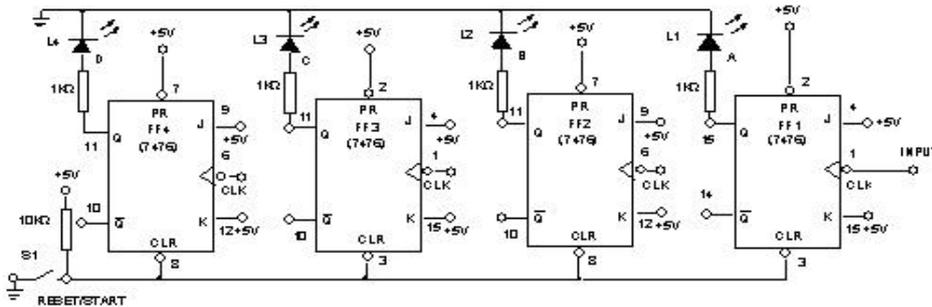
Tabel 1.18 Tabel Counter Turun

e) Sebutkan perbedaan Counter naik dan Counter turun !

f) Counter itu mencacah dari ... s/d ...Urutan berulang lagi pada setiap ... transit.

Counter Naik turun *(Up-Down ripple Counter)*

a) Pasanglah 2 buah IC 7476

b) Buatlah rangkaian sebagai berikut :

Gambar 1.25 Counter Naik Turun

c) Set switch data SW1 = tinggi (Mode mencacah naik).

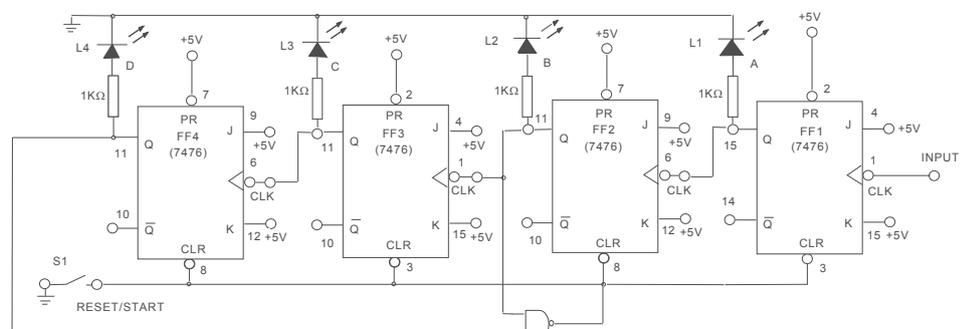
d) Set switch data SW2 rendah ke tinggi !ini berarti : …

e) Bandingkan outputnya dengan tabel outputnya Counter naik.

f) Set switch data SW1 = Rendah (Mode pencacah turun).

Counter decade Ripple

a) Pasanglah IC 7400 untuk gating dan Peraga Angka (*Numeric Display*). untuk menggantikan tampilan LED.

b) Tambahkan gerbang Nand, sehingga terbentuk rangkaian dibawah ini :

Gambar 1.26 *Counter Decade Ripple*

c) Set Switch data SW1 rendah ke Tinggi. Apa maksudnya ? …

d) Set Set Switch data SW2 seperti ditunjukkan dalam tabel outputnya pencacah decade.

e) Catat hasil output L1 - L4 padatabel.

INPUT	OUTPUT				
Banyak Clock	L4 = 8	L3 = 4	L2 = 2	L1 = 1	Eqivalen
0					
1					
2					
3					
4					
5					
6					
…					
…					
…					
…					
…					
…					
…					
…					
25					
26					
27					
28					
29					
30					

Tabel 1.19 Tabel *Counter Decade*

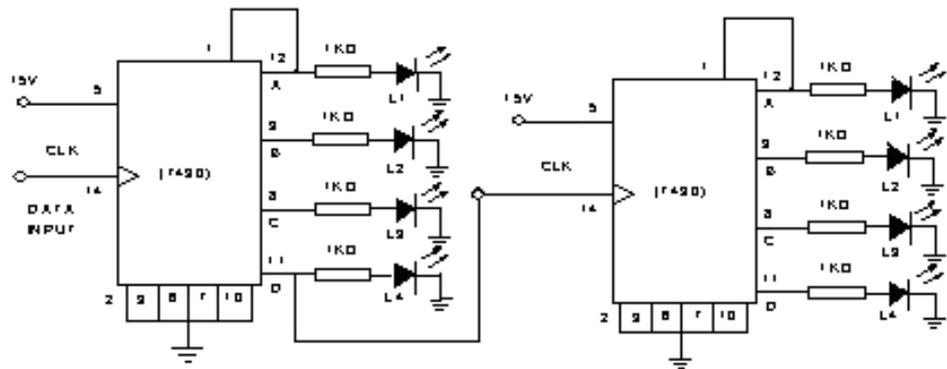
f) Amati ketika kedudukan D = tinggi, *Counter* = rendah, B = tinggi, A = rendah. Apa yang Anda ketahui ?...

g) *Counter*di atas adalah modulus berapa ?

h) Umpan balik yang dipasang digunakan untuk ...

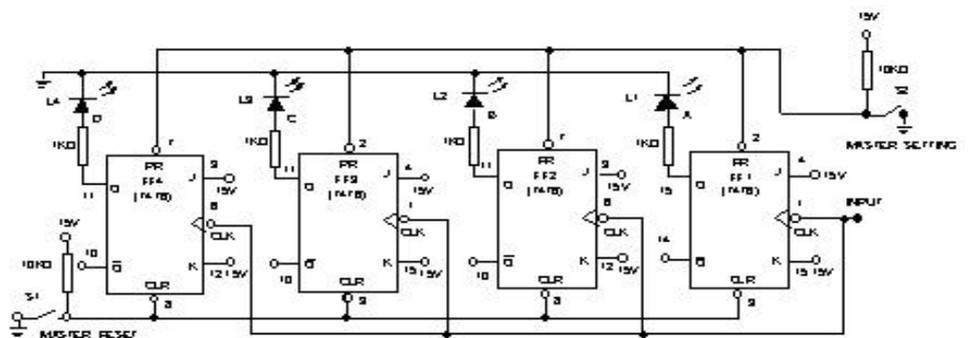
Counter Dua Tingkat

a) Pasang 2 buah IC 7490

b) Buat rangkaian seperti di bawah ini :

Gambar 1.27 *Counter* Dua Tingkat

c) Set Switch data SW1 dari tinggi ke rendah. Apa tujuan dari langkah ini dan amati hasil percobaan Anda!

Up-Counter Synckron

a) Buat rangkaian seperti di bawah :

Gambar 1.28 *Counter* Naik Sinkron

b) Input yang "melayang" atau "*floating*" diinterpretasikan sebagai tinggi.

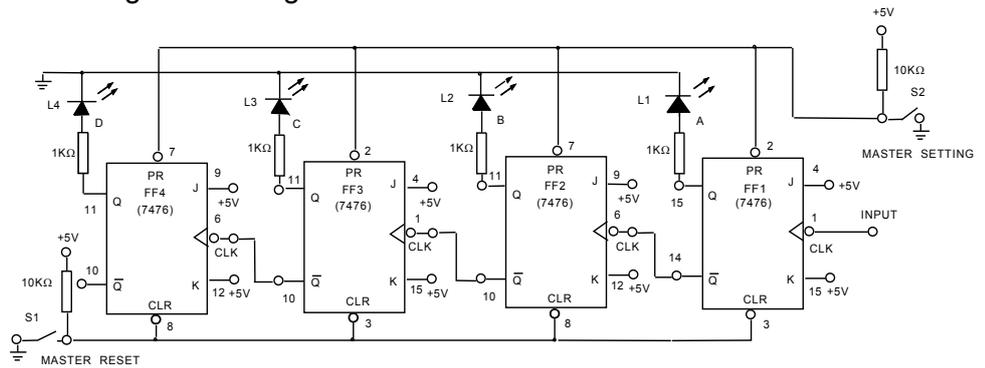
c) *"Clear"* kan semua output *Counter* . Apa yang Anda lakukan ? ...

d) Set *switch* data SW1. Catat penunjukan output L1 - L4 pada tabel.

INPUT	OUTPUT				
Banyak Clock	L4 = 8	L3 = 4	L2 = 2	L1 = 1	Desimal
0					
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
…					
...					
...					
....					
....					
30					

Tabel 1. 20Tabel Couter Naik Sinkron

Down Counter Synckron

a) Buat rangkaian sebagai berikut :

Gambar 1.29 *Counter* TurunSinkron

b) Set input clock (SW1) = ...dan preset (SW2) = …

c) Set SW1 pada setiap transit. Cata peragaan output L1- L4 dan hitung eqivalen desimalnya pada tabel berikut ini :

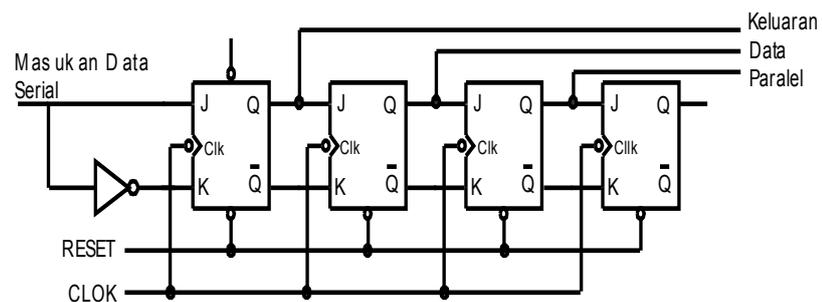
INPUT	OUTPUT				
Banyak Clock	L4 = 8	L3 = 4	L2 = 2	L1 = 1	Desimal
0					
1					
2					
3					
4					
5					
…					
…					
…					
28					
29					
30					

Tabel 1.21 Tabel *Counter*Turun Sinkron

10) *Shift Register* (SIPO = *Serial In Parallel Out*)

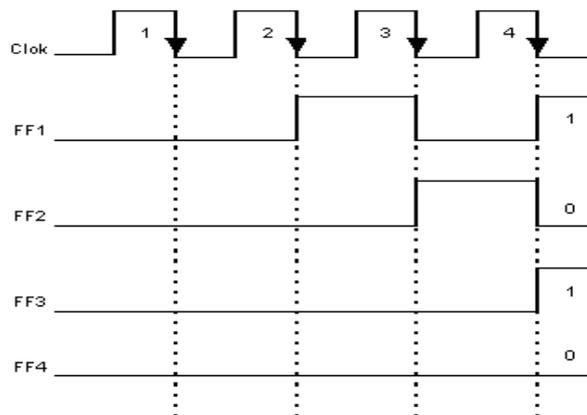
Sistem digital dapat bekerja secara seri maupun paralel.Hal ini erat hubungannya dengan sistem pengiriman data.Pada pengiriman data dengan sistem seri memiliki keuntungan bahwa hanya diperlukan sebuah saluran kawat guna mengirimkan data dan biayanya relatif murah. Kekurangan yang ada adalah bahwa pengiriman data memerlukan waktu yang lebih lambat karena tiap-tiap bit data dikirimkan secara berurutan melalui sebuah saluran data.

Salah satu contoh rangkaian dasar yang dapat berfungsi untuk mengubah data dari bentuk seri menjadi bentuk parallel

lel adalah *shift register* (register geser). Selain sistem pengiriman data serial, perubahan yang dapat dilakukan oleh register digital adalah SISO (Serial In Serial Out), PISO *(Parallel In Serial Out)* dan PIPO (*Parallel In Parallel Out*). Rangkaian serial-in *parallel out shift register* yang ditunjukkan oleh gambar 1.30.

Gambar 1.30 *Serial-in Shift Register*

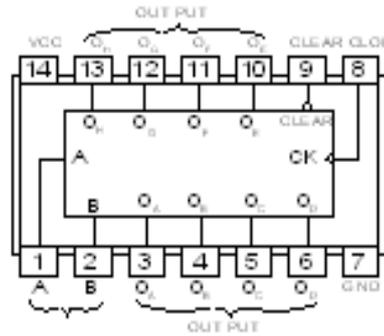
Pada gambar 8.30 ditunjukkan bahwa rangkaian dibangun menggunakan empat buah JK-FF dimana semua masukan clock dihubungkan jadi satu sehingga keempat buah FF tersebut akan bekerja secara sinkron (serentak).Pada masukan J dan K dari FF-FF tersebut selalu memiliki nilai logika yang berlawanan. Ingat bahwa pada kondisi seperti ini keluaran Q akan sama dengan masukan J saat terjadi transisi clock (dalam hal ini clock adalah aktif rendah).

Prinsip kerja rangkaian di atas dapat dijelaskan sebagai berikut : sebagai contoh, maka data yang akan digeserkan adalah adalah data biner 4-bit $0101_{(2)}$. Untuk menyimpan susunan data 4-bit ke dalam register diperlukan pulsa clock sebanyak 4 pulsa. Untuk mempermudah dalam memahami prinsip kerja

rangkaian tersebut,digambarkan bentuk diagram waktu seperti ditunjukkan oleh gambar 1.31.

Gambar 1.31 Diagram Waktu Rangkaian*Serial-in Shift Register*

Cara kerja sirkit serial in paralel out shift register dari 4 buah flip-flop adalah sebagai berikut :

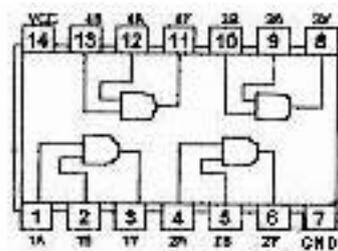
a) Sebelum terdapat clock, semua keluaran Q pada rangkaian adalah berlogika 0, yaitu dengan cara me-reset rangkaian.
b) Selanjutnya pada saluran masukan data kita berikan logika 0
c) Kita berikan sebuah pulsa clock1 yang akan menggeserkan data pertama tersebut ke output Q pada FF1.
d) Selanjutnya kita berikan data ke-2 yaitu logika 1 ke saluran data, kemudian kita berikan pulsa clock2 yang akan menggeserkan data tersebut ke keluaran Q pada FF1 dan data Qpada FF1 sebelumnya ke keluaran Q pada FF2.
e) Berikutnya, diberikan data logika 0, kemudian pemberian pulsa clock3 yang akan menggeserkan data tersebut ke output Q pada FF1, output Q pada FF! ke output Q pada FF2 dan output Q pada FF2 ke output Q pada FF3.
f) Langkah terakhir adalah memberikan data logika 1, kemudian pemberian pulsa clock 4. Operasi selanjutnya adalah seperti pada operasi sebelumnya dimana tiap terjadi transisi clock akan menyebabkan keluaran Q pada tiap-tiap FF digeserkan ke keluaran Q pada FF berikutnya. Setelah clock 4 diberikan, maka susunan data keluaran Q pada rangkaian tersebut menjadi $0101_{(2)}$.

Sebuah chip IC 74164 merupakan IC serial in paralel out shift register (SIPO) 8-bit. Susunan pin pada IC 74164 ditunjukkan oleh gambar 1.32.

Gambar 1.32 IC SIPO 74164

11) IC Digital

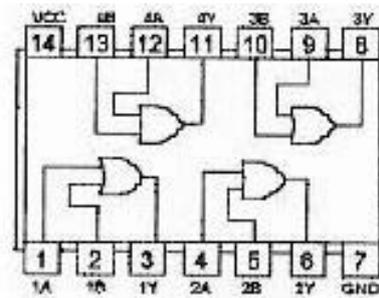
Gerbang-gerbang logika tidak dibuat pergerbang, tapi terintegrasi dalam satu chip IC (Integrated Circuits), yang disebut dengan IC digital atau IC logika. Bahkan dalam sebuah IC digital, sudah banyak yang di dalamnya berisi bukan gerbang-gerbang saja, tapi berupa rangkaian-rangkaian digital, baik yang berupa rangkaian-rangkaian dasar, seperti flip-flop, counter, decoder, encoder, dan sebagainya, maupun rangkaian-rangkaian yang mempunyai karakteristik yang spesifik, berdasarkan kebutuhan kemajuan teknologi.

Kita akan lihat beberapa contoh IC digital. Tentu saja tidak mungkin melihat semua IC digital yang ada, karena jenisnya sudah sangat banyak. Untuk mengetahui data yang lengkap, kita harus membaca dari *data book*, kita akan akan lihat contoh-contoh IC yang merupakan sifatnya mendasar.

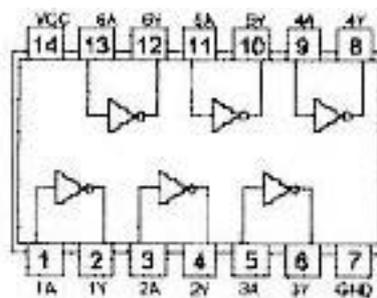
a) IC 7408.

Gambar 1.33 IC 7408

IC seri 7408 adalah jenis IC TTL yang memiliki fungsi sebagai gerbang AND. Dinamakan*quadruple 2-input Positive-AND Gates,* karena IC ini terdapat 4 buah gerbang AND, masing-masing gerbang memiliki dua buah saluran masukan.Dibuat dalam konstruksi DIL *(Dual In Line)*, mempunyai 14 pena *(pin)*.

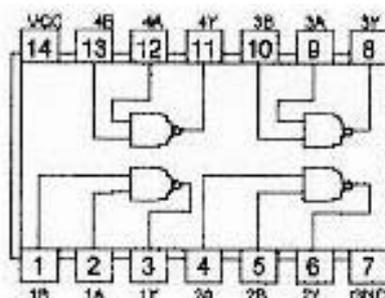
Gambar 1.33 menunjukkan susunan pena dalam IC 7408.

b) IC 7432

Gambar 1.34 .. IC 7432

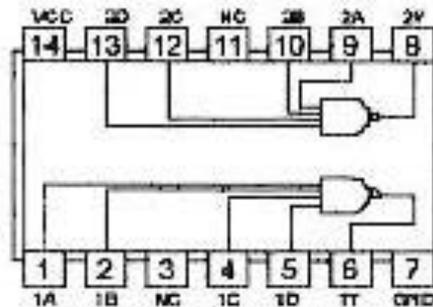
IC gerbang OR dengan tipe 7432 (quadruple 2 input Positive-OR Gates). Dalam sebuah IC ini terdiri dari 4 buah gerbang OR, masing-masing gerbang memiliki dua buah saluran masukan. Gambar1.34 menunjukkan susunan pena dalam IC 7432.

c) IC 7404

Gambar 1.35 IC 7404

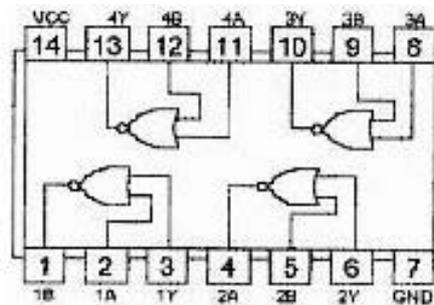
Jenis IC TTL yang berfungsi sebagai gerbang NOT *(Inverter).* Dalam percobaan ini akan kita gunakan IC TTL dengan tipe 7404. Dalam sebuah chipIC 7404 terdiri dari 6 buah gerbang NOT. Susunan pena*dual in line*, 14 pin.

d) IC 7400

Gambar 1.36 IC 7400

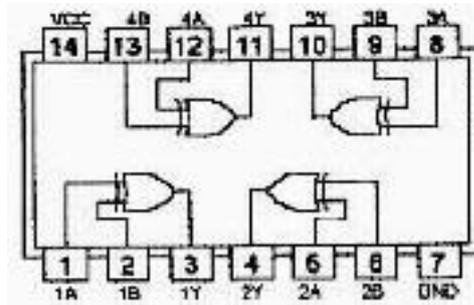
Gerbang NAND dengan tipe 7400 (quadruple 2-input positive NAND Gates) dan IC TTL 7420 (Dual 4-input NAND Gates).Dalam sebuah IC 7400 terdiri dari 4 buah gerbang NAND.Masing-masing gerbang memiliki dua buah saluran masukan.

e) IC 7420

Gambar 1.37 IC 7420

Sebuah chip IC 7420 terdiri dari dua buah gerbang NAND, masing-masing gerbang memiliki saluran masukan sebanyak 4 buah.

f) IC 7402

Gambar 1.38 IC 7402

Gerbang NOR dengan tipe 7402 (quadruple 2 input positive NOR Gates) Dalam sebuah IC 7402 terdiri dari 4 buah gerbang NOR. Masing-masing gerbang memiliki dua buah saluran masukan.

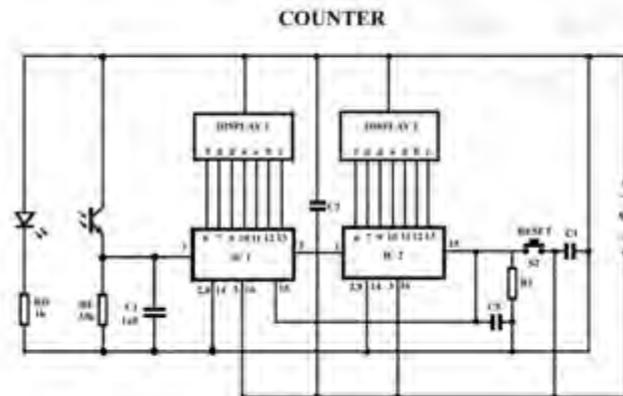
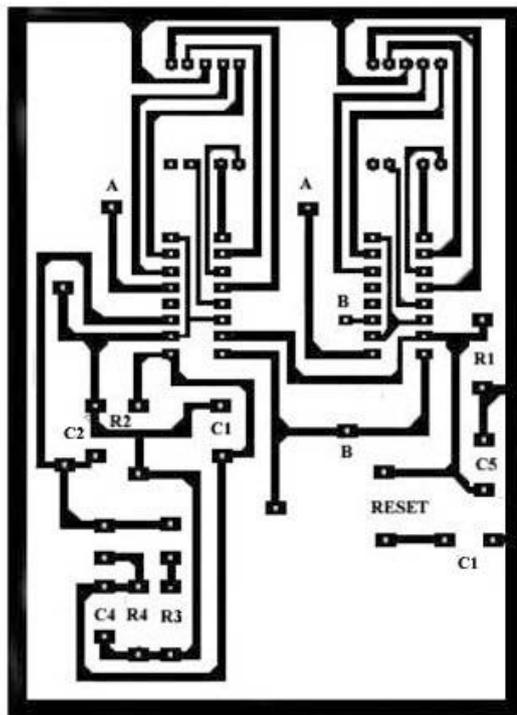
g) IC 7486

Gambar 1.39 IC 7486

Sebuah rangkaian terintegrasi (IC) TTL dengan tipe 7486 merupakan chip IC yang terdiri dari 4 buah gerbang EX-OR.

c. Rangkuman

1) Gerbang-gerbang dasar : AND, OR, NOT, NAND, NOR, EX-OR
2) Rangkaian digital : rangkaian yang bekerja berdasarkan biner
3) Aljabar boolean : rumus-rumus yang dipakai dalam perhitungan biner.
4) Sum of product : persamaan-persaman AND kemudian di”OR”kan
5) Prodct of sum : Persamaan-persamaan OR kemudian di”AND”kan.
6) Flip-flop merupakan rangkaian dasar bagi register.
7) Counter Asinkron (Ripple) atau Serial Conter atau Ripple Counter terdiri Flip-flop imana output flip-flop pertama menjai input klok flip-flop kedua.
8) Counter dapat menghitung dari 0 sampai 2” = 1 (dengan n sama dengan banyaknya Flip-flop dalam deretan itu)
9) Modulus sebuah Counter adalah hitungan maksimum yang dapat dilakukan oleh sebuah counter Modulus Counter, normalnya adalah 2” (n = banyaknya Flip-flop).

d. Tugas (kerjakan di luar jam sekolah, waktu 1 minggu)

1) Buatlah rangkaian counter untuk gambar skema berikut :

2) Rangkaian dirakit di PRT yang dibuat sendiri, boleh merancang layout sendiri, atau dari contoh berikut :

3) Jika ada masalah selama pengerjaan, konsultasikan ke guru/instruktur.
4) Untuk peralatan, silahkan pakai fasilitas sekolah yang tersedia.
5) Setelah selesai, uji coba sendiri atau dengan guru/instruktur.
6) Buatlah laporan dari proyek tersebut.

e. Lembar Kerja

Lembar Kerja I : gerbang AND, OR, dan NOT

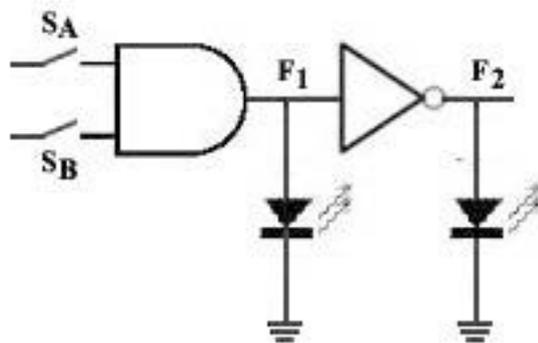
Alat dan Bahan:

1) Trainer Digital .... 1 unit.
2) Kabel penghubung .... 1 set

Kesehatan dan Keselamatan Kerja

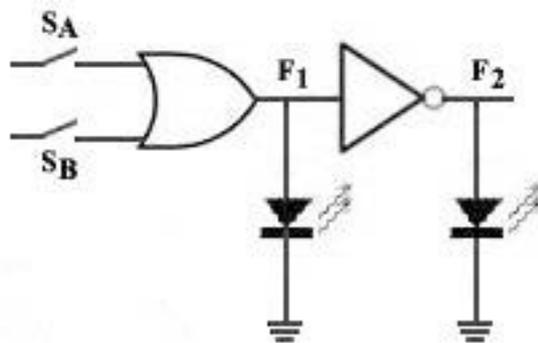
1) Periksalah terlebih dahulu semua alat dan bahan sebelum digunakan !
2) Bacalah dan pahami petunjuk pratikum pada lembar kegiatan belajar!
3) Hati-hati dalam penggunaan peralatan praktikum!

Langkah Kerja:

4) Rakitlah rangkaian pada trainer, sebagai berikut ;

5) Setelah dinilai benar,hidupkan sumber tegangan Vs.
6) Lakukan kombinasi sakelar S_A dan S_B, sesuai dengan tabel kebenaaran berikut :

Tabel 1

A	B	F1	F2
0	0	....	....
0	1	....	....
1	0	....	....
1	1	....	....

7) Gantilah rangkaian, menjadi berikut :

8) Setelah dinilai benar,hidupkan sumber tegangan Vs.
9) Lakukan kombinasi sakelar S_A dan S_B, sesuai dengan tabel kebenaaran berikut :

Tabel 2

A	B	F1	F2
0	0	....	....
0	1	....	....
1	0	....	....
1	1	....	....

10) Setelah selesai praktik, matikan sumber listrik, lepas semua peralatan, kembalikan ke tempat semula.
11) Buatlah laporan hasil praktik !

Soal (dikerjakan di laporan)

1) Buatlah persamaan untuk f1 dan F2.
2) Buatlah tabel kebenaran dari dua rangkaian di atas, secara teori.
3) Bandingkan dengan tabel kebenaran yang di dapat dari praktik, dan buatlah kesimpulan.

Lembar Kerja 2 : gerbang NAND, NOR, NOT

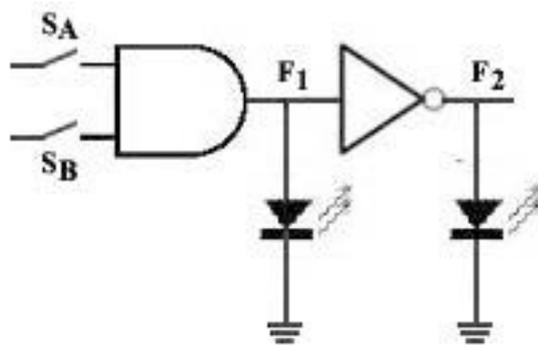
Alat dan Bahan:

1) Trainer Digital .... 1 unit.
2) Kabel penghubung .... 1 set

Kesehatan dan Keselamatan Kerja

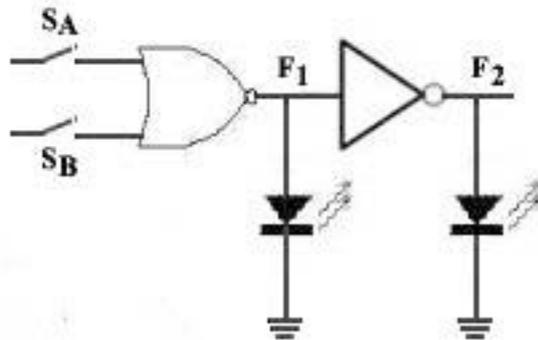
1) Periksalah terlebih dahulu semua alat dan bahan sebelum digunakan !
2) Bacalah dan pahami petunjuk pratikum pada lembar kegiatan belajar!
3) Hati-hati dalam penggunaan peralatan praktikum!

Langkah Kerja:

1) Rakitlah rangkaian pada trainer, sebagai berikut ;

2) Setelah dinilai benar,hidupkan sumber tegangan Vs.
3) Lakukan kombinasi sakelar S_A dan S_B, sesuai dengan tabel kebenaaran berikut :

Tabel 1

A	B	F1	F2
0	0	....	....
0	1	....	....
1	0	....	....
1	1	....	....

4) Gantilah rangkaian, menjadi berikut :

5) Setelah dinilai benar,hidupkan sumber tegangan Vs.
6) Lakukan kombinasi sakelar S_A dan S_B, sesuai dengan tabel kebenaaran berikut :

Tabel 2

A	B	F1	F2
0	0	....	....
0	1	....	....
1	0	....	....
1	1	....	....

7) Setelah selesai praktik, matikan sumber listrik, lepas semua peralatan, kembalikan ke tempat semula.
8) Buatlah laporan hasil praktik !

Soal (dikerjakan di laporan)

1) Buatlah persamaan untuk F1 dan F2.
2) Buatlah tabel kebenaran dari dua rangkaian di atas, secara teori.
3) Bandingkan dengan tabel kebenaran yang di dapat dari praktik, dan buatlah kesimpulan.

Lembar Kerja 3 : Rangkaian Gerbang 1

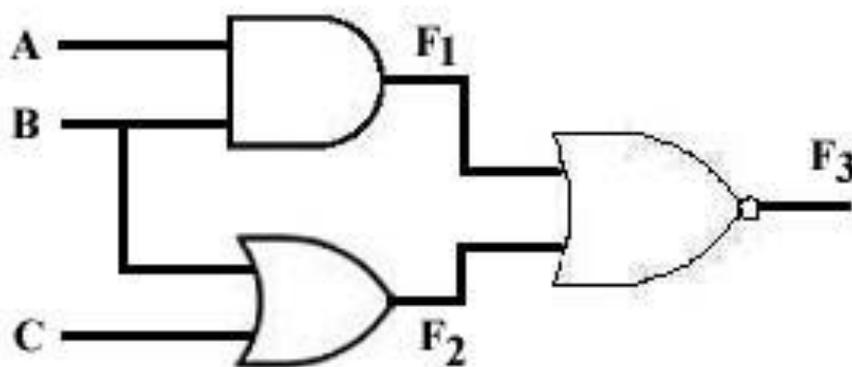
Alat dan Bahan:

1) Trainer Digital .... 1 unit.
2) Kabel penghubung .... 1 set

Kesehatan dan Keselamatan Kerja

1) Periksalah terlebih dahulu semua alat dan bahan sebelum digunakan !
2) Bacalah dan pahami petunjuk pratikum pada lembar kegiatan belajar!
3) Hati-hati dalam penggunaan peralatan praktikum!

Langkah Kerja:

1) Rakitlah rangkaian pada trainer, sebagai berikut ;

2) Jangan lupa, hubungkan A, B, dan C ke masing-masing sakelar input, dan F1, F2, dan F3 hubungkan ke masing-masing indikator output (LED).
3) Setelah dinilai benar,hidupkan sumber tegangan Vs.
4) Lakukan kombinasi input A, B, dan C, sesuai dengan tabel kebenaaran berikut :

Tabel

A	B	C	F1	F2	F3
0	0	0	....	....	....
0	0	1	....	....	....
0	1	0	....	....	....
0	1	1	....	....	....
1	0	0	....	....	....
1	0	1	....	....	....
1	1	0	....	....	....
1	1	1	....	....	....

5) Setelah selesai praktik, matikan sumber listrik, lepas semua peralatan, kembalikan ke tempat semula.
6) Buatlah laporan hasil praktik !

Soal (dikerjakan di laporan)

1) Buatlah persamaan untuk F1, F2, dan F3.
2) Buatlah tabel kebenaran rangkaian di atas, secara teori.
3) Bandingkan dengan tabel kebenaran yang di dapat dari praktik, dan buatlah kesimpulan.

Lembar Kerja 4 : Rangkaian Gerbang 2

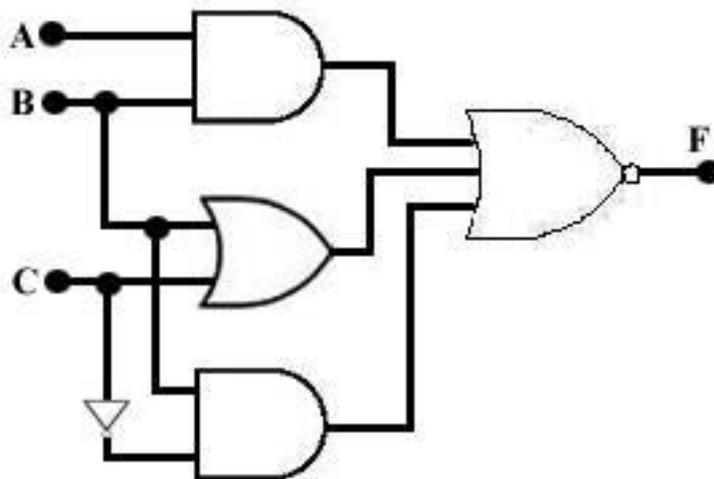
Alat dan Bahan:

1) Trainer Digital .... 1 unit.
2) Kabel penghubung .... 1 set

Kesehatan dan Keselamatan Kerja

1) Periksalah terlebih dahulu semua alat dan bahan sebelum digunakan !
2) Bacalah dan pahami petunjuk pratikum pada lembar kegiatan belajar!
3) Hati-hati dalam penggunaan peralatan praktikum!

Langkah Kerja:

1) Rakitlah rangkaian pada trainer, sebagai berikut ;

2) Jangan lupa, hubungkan A, B, dan C ke masing-masing sakelar input, dan F3 hubungkan ke indikator output (LED).
3) Setelah dinilai benar,hidupkan sumber tegangan Vs.
4) Lakukan kombinasi input A, B, dan C, sesuai dengan tabel kebenaaran 1 berikut :

Tabel 1

A	B	C	F
0	0	0	....
0	0	1	....
0	1	0	....
0	1	1	....
1	0	0	....
1	0	1	....
1	1	0	....
1	1	1	....

5) Buatlah persamaan untuk F.
6) Sederhanakan persamaan F, sebagai F1, serta buat pula gambar rangkaiannya..
7) Periksakan hasil penyederhanaan ke guru/instruktur.
8) Setelah dinyatakan benar, buatlah rangkaiannya pada trainer
9) Lakukan langkah 3 dan 4 untuk rangkaianyang baru, isikan hasilnya pada tabel 2 berikut :

Tabel 2

A	B	C	F1
0	0	0	....
0	0	1	....
0	1	0	....
0	1	1	....
1	0	0	....
1	0	1	....
1	1	0	....
1	1	1	....

10) Setelah selesai praktik, matikan sumber listrik, lepas semua peralatan, kembalikan ke tempat semula.
11) Buatlah laporan hasil praktik !

Soal (dikerjakan di laporan)

1) Buatlah persamaan untuk F dan F1.
2) Buatlah tabel kebenaran rangkaian di atas, secara teori.
3) Bandingkan dengan tabel kebenaran yang di dapat dari praktik, dan buatlah kesimpulan.

Lembar Kerja 5 : Flip-Flop

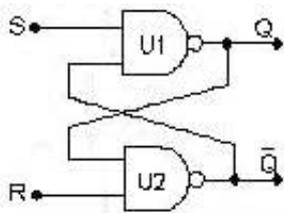
Alat dan Bahan:

1) Trainer Digital .... 1 unit.
2) Kabel penghubung .... 1 set

Kesehatan dan Keselamatan Kerja

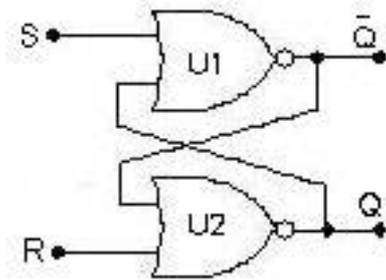
1) Periksalah terlebih dahulu semua alat dan bahan sebelum digunakan !
2) Bacalah dan pahami petunjuk pratikum pada lembar kegiatan belajar!
3) Hati-hati dalam penggunaan peralatan praktikum!

Langkah Kerja:

1) Rakitlah rangkaian pada trainer, sebagai berikut ;

2) Setelah dinilai benar,hidupkan sumber tegangan Vs.
3) Lakukan kombinasi input Rdan S, untuk mendapatkan output Q dan not Q sesuai dengan tabel kebenaran 1 berikut :

Tabel 1

INPUT		OUTPUT	
R	**S**	**Q**	$\overline{\mathbf{Q}}$
0	0	....	....
0	1	....	....
1	0	....	....
1	1	....	....

4) Ubahlah rangkaian menjadi seperti berikut :

5) Ulangi langkah ke 3 untuk mengisi tabel 2 berikut :

Tabel 2

INPUT		OUTPUT	
R	**S**	**Q**	$\overline{\mathbf{Q}}$
0	0	....	....
0	1	....	....
1	0	....	....
1	1	....	....

Tabel 2

INPUT		OUTPUT	
R	**S**	**Q**	$\overline{\mathbf{Q}}$
0	0	....	....
0	1	....	....
1	0	....	....
1	1	....	....

6) Setelah selesai praktik, matikan sumber listrik, lepas semua peralatan, kembalikan ke tempat semula.

7) Buatlah laporan hasil praktik !

Soal (dikerjakan di laporan)

1) Bandingkan hasil dari flip-flop dengan NAND dan dengan NOR.
2) Buatlah kesimpulan.

III. EVALUASI

A. Attitude Skill

No.	Nama Siswa	Aspek Penilaian												Total nilai
		Keterbukaan	Ketekunan belajar	Kerajinan	Tenggang rasa	Kedisiplinan	Kerjasama	Ramah dengan teman	Hormat padaorang tua	Kejujuran	Menepati janji	Kepedulian	Tanggung jawab	
1														
2														
3														
4														
5														
6														
7														
8														
9														
10														
…														
…														
…														

Keterangan:
Skala penilaian sikap dibuat dengan rentang antara 1 sampai dengan 5.
1 = sangat kurang; 2 = kurang; 3 = cukup; 4 = baik dan 5 = amat baik.
Nilai Attitude Akhir(NA) = Total nilai / 12

B. Kognitif Skill

Pilihan Ganda

1. Sistem bilangan oktal adalah sistem bilangan yang mempunyai ....
   A. 2 angka
   B. 8 angka
   C. *10 angka*
   D. 16 angka
   E. *18 angka*

2. Jumlah bit pada bilangan biner 110111001000 adalah....
   A. 2
   B. 3
   C. 4
   D. 6
   E. 12

3. Konversi $175_{(10)}$ ke bilangan biner adalah....
   A. $11110101_{(2)}$
   B. $10101111_{(2)}$
   C. $111101_{(2)}$
   D. $1111101_{(2)}$
   E. $10111111_{(2)}$

4. Konversi $3B_{(16)}$ ke bilangan biner adalah….
   A. $10110011_{(2)}$
   B. $11110000_{(2)}$
   C. $110111_{(2)}$
   D. $111011_{(2)}$
   E. $1111111_{(2)}$

5. Konversi $100{,}11_{(2)}$ ke bilangan desimal adalah....
   A. $4{,}12_{(10)}$
   B. $4{,}75_{(10)}$
   C. $3{,}65_{(10)}$
   D. $2{,}14_{(10)}$
   E. $1{,}55_{(10)}$

6. Konversi $A91_{(16)}$ ke bilangan desimal adalah ....

   A. $125_{(10)}$
   B. $156_{(10)}$
   C. $275_{(10)}$
   D. $2366_{(10)}$
   E. $2705_{(10)}$

7. Konversi 01001000_{BCD} ke bilangan desimal adalah....

   A. $17_{(10)}$
   B. $35_{(10)}$
   C. $48_{(10)}$
   D. $58_{(10)}$
   E. $64_{(10)}$

8. Konversi $64_{(10)}$ ke bilangan axcess-3 adalah....

   A. $10010111_{(xs-3)}$
   B. $11001100_{(xs-3)}$
   C. $11100011_{(xs-3)}$
   D. $11110000_{(xs-3)}$
   E. $10111111_{(xs-3)}$

9. Konversi Kode Gray (110101) ke bilangan biner adalah....

   A. 100110_2
   B. 110110_2
   C. 111001_2
   D. 110011_2
   E. $1111101_{(2)}$

10. $1101_{(2)} + 1111_{(2)} = ..._{(2)}$.

   A. $11001_{(2)}$
   B. $10011_{(2)}$
   C. $10001_{(2)}$

D. $10000_{(2)}$

E. $101011_{(2)}$

11. $10110_{(2)} + 1111_{(2)} = \text{.........}_{(2)}$

A. $101001_{(2)}$

B. $101110_{(2)}$

C. $100101_{(2)}$

D. $100110_{(2)}$

E. $10000_{(2)}$

12. Operasikan bilangan berikut kemudian ubah hasilnya ke dalam bilangan desimal.
$16_{(16)} + 27_{(8)} = \text{.....}_{(10)}$

A. $35_{(10)}$

B. $29_{(10)}$

C. $45_{(10)}$

D. $17_{(10)}$

E. $49_{(10)}$

13. Hitunglah dengan cara komplemen-2, $11011_{(2)} - 11001_{(2)} = \text{....}_{(2)}$

A. $00010_{(2)}$

B. $00001_{(2)}$

C. $00000_{(2)}$

D. $00011_{(2)}$

E. $10010_{(2)}$

14. $10111000001_{(2)} - 1412_{(8)} = \text{............}_{(16)}$

A. $2B7_{(16)}$

B. $1A6_{(16)}$

C. $395_{(16)}$

D. $1267_{(16)}$

E. $2117_{(16)}$

15. $110110_{(2)}$ x $1010_{(2)}$ =....$_{(2)}$

A. $1000011100_{(2)}$

B. $1001001110_{(2)}$

C. $0111001100_{(2)}$

D. $0011100110_{(2)}$

E. $1111101_{(2)}$

16. Gerbang yang berfungsisebagai inverse logika adalah ....

A. AND

B. OR

C. NOT

D. NAND

E. NOR

17. Prinsipkerja AND adalah ....

A. Jika input A = 0, B = 0 output = 1

B. Jika input A = 0, B = 1 output = 1

C. Jika input A = 1, B = 0 output = 1

D. Jika input A = 1, B = 1 output = 0

E. Jika input A = 1, B = 1 output = 1

18. Gerbang logika dua input dengan prinsip kerja output berlogika 1 jika salah satu inputnya berlogika 0 dan menghasilkan output berlogika 0 jika semua input berlogika 1 adalah….

A. OR

B. NOR

C. NAND

D. NOT

E. AND

19. Gerbang OR berfungsi sebagai ....

A. eksklusif penjumlahan logika

B. kebalikan perkalian logika

C. kebalikan penjumlahan logika

D. perkalian logika

E. penjumlahan logika

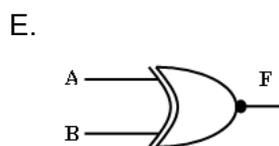
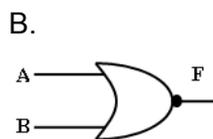
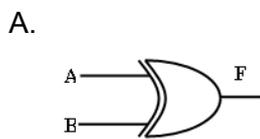
20. Dalam suatu rangkaian terdapat 1 buah lampu dan 2 buah saklar dengan keadaan awal lampu tidak menyala ketika kedua saklar tidak ditekan, lampu akan menyala jika salah satu saklar ditekan, namun tidak akan menyala jika kedua saklar ditekan. Hal tersebut sesuai dengan logika....
    A. AND
    B. NAND
    C. OR
    D. NOR
    E. EX-OR

21. Simbol dari gerbang EX-NOR adalah....
    A.

    B.

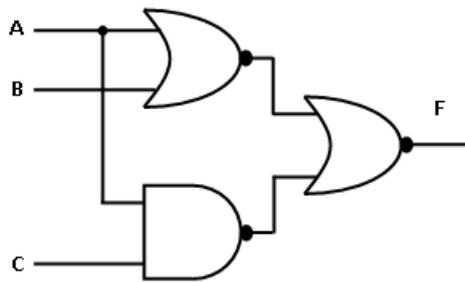
    C.

    D.

    E.

22. Isi kolom F pada tabel gerbang NAND berikut, dari atas ke bawah adalah....

A	B	F
0	0	....
0	1	....
1	0	.....
1	1	....

A. 0001
B. 0111
C. 0110
D. 1000
E. 1110

23. Perhatikan tabel kebenaran dan gambar rangkaian di bawah. Nilai F pada tabel kebenaran berturut-turut dari bawah ke atas adalah ....

A	B	C	F
0	0	0	....
0	0	1	....
0	1	0	....
0	1	1	....
1	0	0	....
1	0	1	....
1	1	0	....
1	1	1	....

A. 00000000
B. 00100000
C. 00000100
D. 00010000
E. 10000000

24. Isititik-titik pada tabel di bawah berturut-turut dari bawah ke atas, untuk gerbang NOR adalah ....

A	B	C	F
0	0	0	....
0	0	1	0
0	1	0	....
0	1	1	....
1	0	0	0

1	0	1	0
1	1	0	....
1	1	1	0

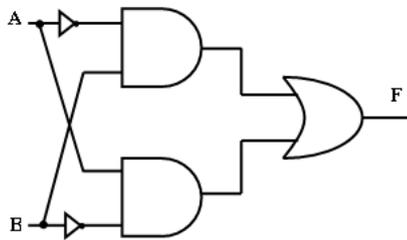
A. 0111

B. 0000

C. 1000

D. 0001

E. 1111

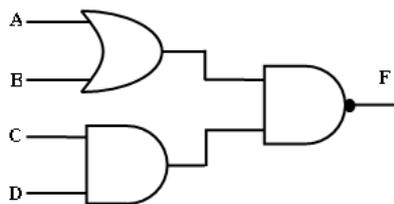
25. Bentuk paling sederhana darirangkaian logika di bawahadalah....

A.

B.

C.

D.

E.

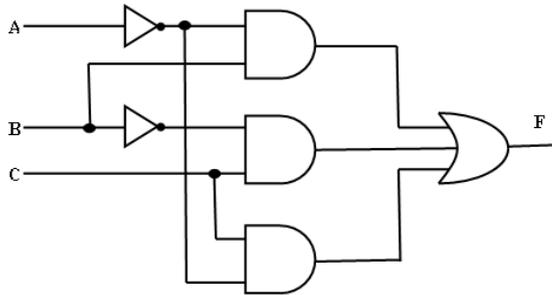
26. Persamaan dari rangkaian logika di bawah adalah....

A. F =

B. F =

C. F =

D. F =

E. F = (A.B) + (A+B)

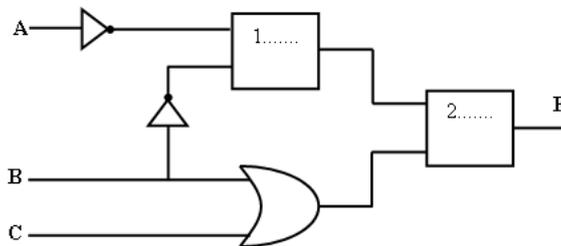
27. Persamaan dari rangkaian di bawah ini adalah ....

A. $F = (\overline{A} + B) . (B + C) . (C + A)$

B. $F = (\overline{A} + B) . (\overline{A} + C) . (\overline{C} + \overline{A})$

C. $F = (\overline{A} . B) + (\overline{B} . C) + (\overline{C} . A)$

D. $F = (\overline{A} . B) + (\overline{B} . C) + (C . \overline{A})$

E. $F = (\overline{A} . B) + (B . C) + (C . \overline{A})$

28. Perhatikan skema di bawah, agar menghasilkan output F = maka pada kotak 1 dan 2 berturut-turut harus dipasang gerbang logika....

A. OR dan NAND

B. AND dan NOR

C. OR dan NOR

D. OR dan AND

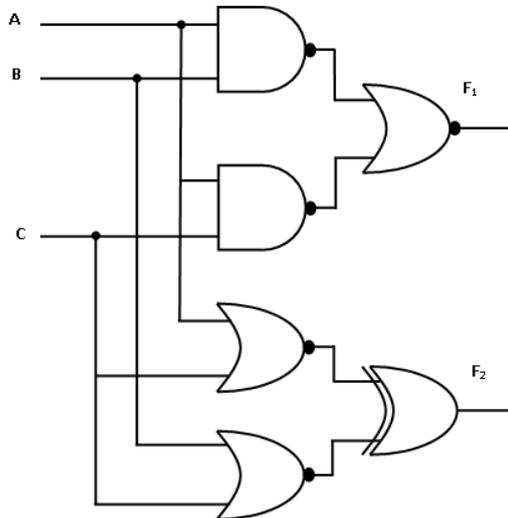
E. AND dan OR

29. Persamaan untuk rangkaian di bawah ini adalah ....

A. $F_1 =$

$F_2 =$

B. $F_1 =$
$F_2 =$

C. $F_1 =$
$F_2 = (+ B) . (B+C)$

D. $F_1 = (. B) + (. C)$
$F_2 =$

E. $F_1 =$
$F_2 =$

30. Persamaan yang menunjukkan hukum distributif pada aljabar Boolean adalah...

A. A + B = B + A

B. A . B = B . A

C. A (A + B) = A.B + A.C

D. A + (B + C) = (A + B) + C

E. A . (B . C) = (A .B) . C

31. Menurut hukum asosiatif aljabar Boolean, A . (B.C) sama dengan....

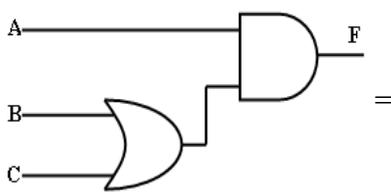
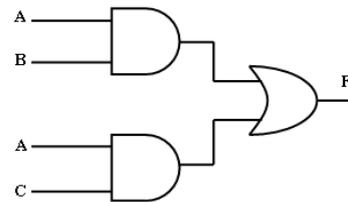
A. A . B + A . C

B. (A + B) + C

C. A . (B + C)

D. (A + B) . (A + C)

E. (A.B) . C

32. Persamaan yang menunjukkan bahwa gambar rangkaian a sama dengan b adalah ....

(a) (b)

A. A+(B.C) = A+B.A+C

B. A+(B.C) = A+B.A+C

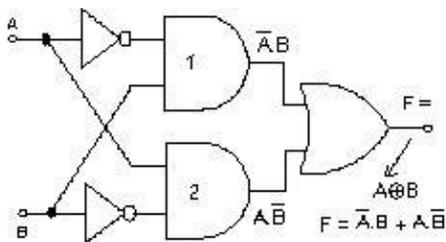
C. A(B+C) = AB + AC

D. A+(B.C) = A+B.A+C

E. A(B+C) = AB+AC

33. Rangkaian gerbang di bawah ini adalah ekivalen dengan gerbang ....

A. AND

B. OR

C. NAND

D. NOR

E. EX-OR

34. Persamaan di bawah ini adalah persamaan gerbang ....

$$F = \overline{A + B + C}$$

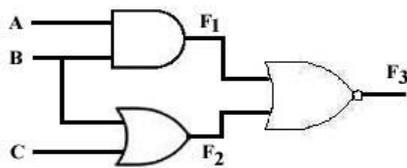
A. AND

B. OR

C. NAND

D. NOR

E. EX-OR

35. Persamaan dari rangkaian di bawah adalah ….

A. $F_3 = \{\overline{(A + B) . (B + C)}\}$

B. $F_3 = \{\overline{(A + B) . (B . C)}\}$

C. $F_3 = \{\overline{(A + B)} . \overline{(B . C)}\}$

D. $F_3 = \{\overline{(A.B)} + \overline{(B+C)}\}$

E. $F_3 = \{\overline{(A.B) + (B + C)}\}$

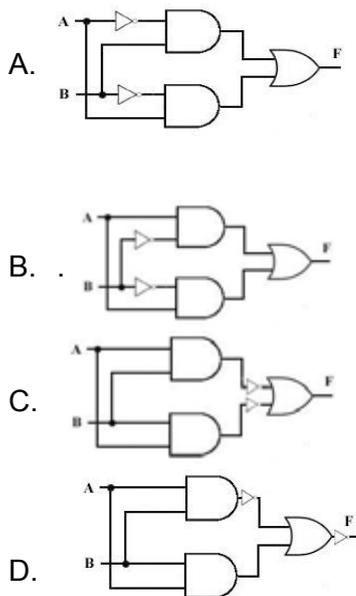
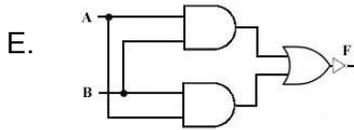
36. Rangkaian dari persamaan $F = \overline{A}\,B + A\,\overline{B}$ adalah ....

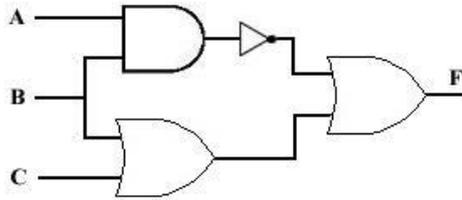
A.

B. .

C.

D.

E.

37. Tabel kebenaran dari rangkaian di bawah adalah ....

A.

A	B	C	F
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	0

B

A	B	C	F
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	1
1	1	1	1

C

A	B	C	F
0	0	0	1
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	1

D

A	B	C	F
0	0	0	1
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	0

E

A	B	C	F
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	0
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	1
1	1	0	0
1	1	1	1

38. Tabel kebenaran dari persamaan F = (A.B) + A adalah ....

A

A	B	F
0	**0**	**0**
0	**1**	**0**
1	**0**	**1**
1	**1**	**1**

B

A	B	F
0	**0**	**1**
0	**1**	**0**
1	**0**	**1**
1	**1**	**0**

C

A	B	F
0	**0**	**1**
0	**1**	**1**
1	**0**	**0**
1	**1**	**0**

D

A	B	F
0	**0**	**0**
0	**1**	**1**
1	**0**	**0**
1	**1**	**1**

E

A	B	F
0	**0**	**0**
0	**1**	**0**
1	**0**	**1**
1	**1**	**1**

39. Persamaan yang ditunjukkan oleh tabel di bawah jika disederhanakan menggunakan *sum of product*adalah ....

A	B	C	F
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	1

A. F = (. .) + (. .C) + (. .C) + (. .)

B. F = (. .) + (. .C) + (. .) + (. .)

C. F = (..) + (..) + (. .C) + (..)

D. F = (. .) + (. .) + (. .C) + (. .)

E. F = (..) + (. .C) + (..) + (. .)

40. Jika persamaan suatu penyederhanaan *product of sum*= . . + . . C + .B . , harga setelah disederhanakan adalah ....

A. A + BC

B. + BC

C. A+ B

D.

E. . + .

F. Psikomotorik Skill

LEMBAR KERJA PRAKTIK
(Membuat Voltmeter Digital)

1. Tujuan :

a. Peserta didik dapat merancang tata letak PRT
b. Peserta didik dapat membuat PRT
c. Peserta didik dapat merakit di PRT
d. Peserta didik dapat mengidentifikasi komponen
e. Peserta didik dapat merakit komponen di PRT
f. Peserta didik dapat menguji coba rangkaian
g. Peserta didik dapat melakukan *trouble shooting* rangkaian

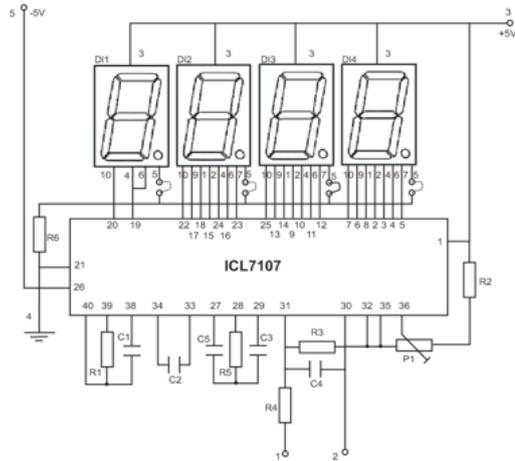
2. Alat yang digunakan

a. Kikir halus
b. Mistar baja
c. Mini drill
d. Mata bor Ø1mm
e. Mata bor Ø 0,8 mm
f. *Eaching box*

g. *Cutting plier*
h. AVO meter
i. Solder
j. Sumber daya 12 Vdc

3. **Komponen**
   a. Resistor R_1 = 180 kΩ
   b. Resistor R_2 = 22 kΩ
   c. Resistor R_3 = 12 kΩ
   d. Resistor R_4 = 1 MΩ
   e. Resistor R_1 = 560 Ω
   f. Trimpot P_1 = 20 kΩ
   g. Kapasitor C_1 = 100 pF
   h. Kapasitor C_1 = C_6 = C_7 = 100 nF
   i. Kapasitor C_3 = 47 nF
   j. Kapasitor C_4 = 10 nF
   k. Kapasitor C_5 = 220 nF
   l. IC L7107
   m. Seven segmen CA LD1,2,3,4

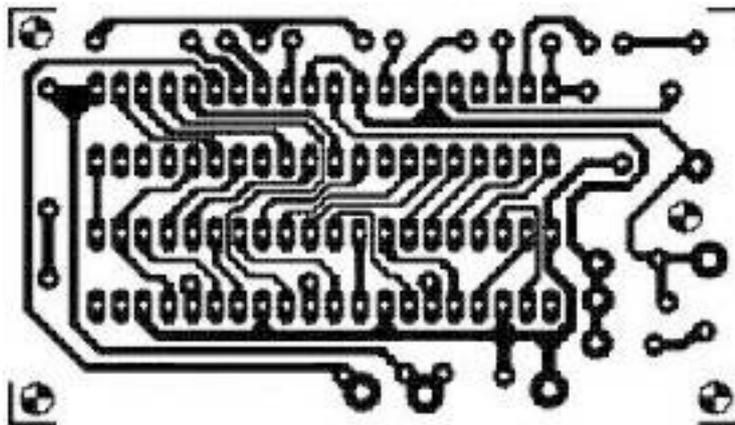
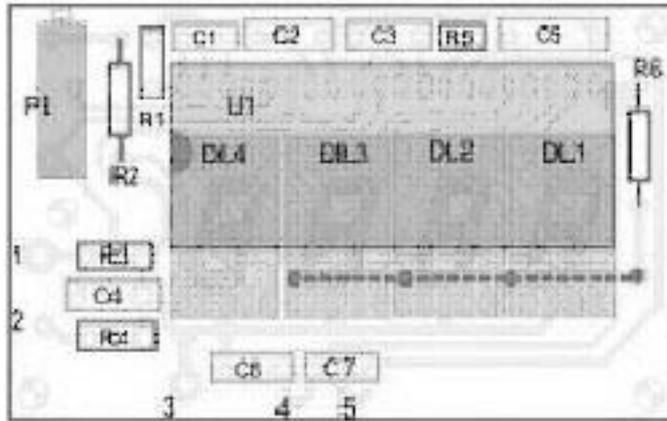
4. **Bahan**
   a. PRT polos single face, ukuran tentukan sendiri .... 1 lembar
   b. Spidol permanen ukuran F .... 1 buah
   c. Spidol permanen ukuran M .... 1 buah
   d. Ferry chlorite (Fe Cl_3) .... secukupnya
   e. Timah 70 % ....secukupnya
   f. Thinner ....secukupnya
   g. Larutan perak 40 % ....secukupnya

5. **Gambar Rangkaian**

Batas ukur voltmeter ini ditentukan oleh R_3, dengan nilai sebagai berikut :

0 – 2 V	R3 = 0 Ω 1%
0 – 20 V	R3 = 1.2 kΩ 1%
0 – 200 V	R3 = 12 kΩ 1%
0 – 2000 V	R3 = 120 kΩ 1%

6. Langkah Kerja

a. Rancanglah Papan Rangkaian Tercetak (PRT) di kertas mm, sesuai rangkaian dalam gambar rangkaian. Untuk pandangan atas dan pandangan bawah.
Jika kesulitan merancang PRT, diberikan contoh tata letak PRT berikut :

Pandangan bawah

Pandangan atas

b. Konsultasikan / periksakan rancangan PRT Anda ke guru/instruktur.
c. Buatlah PRT sesuai rancangan yang telah Anda buat.
d. Uji cobalah rangkaian, sesuai prosedur keselamatan kerja.
e. Lakukan *setting* dan *trouble shooting*, jika ada yang belum benar, sampai rangkaian berfungsi sebagaimana mestinya.
f. Buatlah laporan.

Selamat Bekerja

LEMBAR PENILAIAN

Nama siswa :…………………..
Tingkat / Kelas :…………………..
Semester :…………………..
Standar Kompetensi :…………………..
Kompetensi Dasar :…………………..

Nilai Proses Produksi

No	Komponen/Subkomponen Penilaian	Bobot	Pencapaian Kompetensi			
			Tidak (<7)	*Ya*		
				7,0-7,9	8,0-8,9	9,0-10
I	Persiapan Kerja	10				
	Memakai pakaian praktik					
	Memeriksa peralatan					
II	Proses kerja	30				
	Setiap langkah pekerjaan dilakukan benar sesuai dengan aturan urutan kerja .					
III	Sikap Kerja	10				
	Keseriusan dan kemandirian dalam bekerja					
	Semua peralatan digunakan sesuai dengan atura fungsi dan cara penggunaannya					
IV	Laporan	20				
	Kelengkapan isi laporan					
	Kesimpulan					
Nilai Proses Produksi						

Nilai Proses Produksi :
N_{PP} = [(Nilai Persiapan Kerja x bobot) + (Nilai proses kerja x bobot) + (Nilai Sikap kerja x bobot) + (Nilai laporan x bobot)] / 4

……………, ………………..

Guru mata pelajaran

____

G. Produk/Benda Kerja Sesuai kriteria Standar

Nilai Hasil Produk :

Unjuk Kerja Rangkaian	Bobot	Pencapaian Skor Kompetensi			
		Ya			Tidak
		7,0 – 7,9	**8,0 – 8,9**	**9,0 - 10**	**< 7,0**
a. Rangkaian berfungsi dengan lancar	20				
b. Estetika : Kerapihan penyolderan, tata letak komponen, jalur PRT	10				

Nilai Hasil Produksi :

N_{HP} **= [(Nilai fungsi Rangkaian x bobot) + (Nilai Estetika) x bobot] / 2**

Nilai akhir praktik $N_P = (N_{PP} + N_{HP}) / 2$

H. Batasan Waktu Yang Telah Ditetapkan

1. Penilaian Attitude skills adalah penilaian yang bersifat kontinyu, dilaksanakan dalam pelaksanaan pembelajaran sehari-hari, sehingga tidak ada batasan waktu yang jelas.
2. Penilaian Knowledge skills, yang berupa soal tertulis dilaksanakan dalam waktu 120 menit. Jika guru akan mengembangkan proses penilaian ini, maka jumlah soal dan waktu bisa disesuaikan dengan kebutuhan.
3. Psikomotorik skills dalam contoh diatas dilaksanakan dalam waktu 24 jam, dalam jumlah hari, silahkan disesuaikan dengan situasi dan kondisi. Bisa juga tidak seluruh proses dikerjakan oleh peserta didik di sekolah, tapi sebagian proses bisa dikerjakan di luar jam pelajaran ataupun di luar sekolah.

I. Kunci Jawaban

No. Soal	Kunci Jawaban	No. Soal	Kunci Jawaban
1	B	21	E
2	E	22	E
3	B	23	B
4	D	24	D
5	B	25	A
6	E	26	B
7	C	27	D
8	A	28	C
9	A	29	A
10	B	30	D
11	C	31	E
12	C	32	E
13	A	33	E
14	A	34	D
15	A	35	E
16	C	36	A
17	E	37	C
18	C	38	E
19	E	39	B
20	E	40	A

IV. PENUTUP

Seperti telah dikemukakan di pendahuluan, buku materi pelajaran "*Aircraft Electronic Circuits And Control"*ini dimaksudkan untuk materi pembelajaran selama 2 semester, sehingga peserta didik dapat dinyatakan lulus materi pelajaran ini setelah menempuh 2 semester tersebut. Meskipun begitu, mestinya diperlukan juga penilaiandalam setiap semesternya, baik untuk keperluan laporan pendidikan (rapor), maupun untuk keperluan kenaikan kelas. Untuk itu diperlukan pembagian materi dalam setiap semesternya.

Materi ini dapat diajarkan oleh seorang guru ataupun tim guru, sehingga pembagian materi per semesternya diserahkan penuh ke guru atau tim tersebut. Hal ini dikarenakan untuk tiap sekolah bisa berbeda-beda situasi dan kondisinya, misalnya, karena materi ini dilaksanakan selama 2 semeter, yaitu semester 3 dan 4, lemungkinan ada salah satu semester yang terpotong, karena peserta didik harus melaksanakan praktik industri, yang penjadwalannya bisa berbeda antara satu sekolah dengan sekolah yang lain.

Kelulusan seorang peserta didik dalam mata pelajaran ini yaitu setelah peserta didik mendapatkan nilai syarat kelulusan minimal, yaitu yang terdiri dari nilai tiap semesternya secara berurutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Albert Paul Malvino, Ph.D. 1986. PRINSIP-PRINSIP ELEKTRONIKA. Jakarta : Erlangga.
- Bagian Pengembangan Kurikulum. 2003. EL.006. Elektronika Analog. Jakarta : Depdiknas.
- www.slideshare.net
- http://www.electroniclab.com/index.php/labelka/10-transistor-fet
- ***TTL Logic***, Texas Instrument, 1988
- Loveday. G.C., ***Pengujian Elektronik dan Diagnosa Kesalahan***(terjemahan : sedyana), Jakarta : PT Elex Media Komputindo. 1994
- http://skemarangkaianpcb.com/rangkaian-volt-meter-digital/